

CONCEÇÃO E PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTRUTURA MULTIFUNCIONAL NA PRAIA DE MATOSINHOS

ANDRÉ ARAÚJO VINHAS

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM HIDRÁULICA

Orientador: Professor Doutor Fernando Francisco Machado Veloso Gomes

JUNHO DE 2014

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2013/2014

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-5081446



miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-5081440



feup@fe.up.pt



<http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2013/2014 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais, ao meu irmão e à minha namorada

“Não há ventos favoráveis para quem não conhece o seu rumo”

Sêneca

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Doutor Fernando Veloso Gomes agradeço a excelente orientação que me proporcionou, assim como a sua confiança em mim depositada. As suas sábias dicas e reparos permitiram um enriquecimento deste trabalho que, de outra forma, não seria possível.

Ao Prof. Doutor Brandão Alves pelas excelente ajuda que ofereceu em temas nos quais não domino. Sem a sua ajuda as partes do trabalho ligadas à arquitetura e integração paisagística estariam, certamente, mais pobres.

Ao Eng. Pires e Dona Fernanda Machado, da Câmara Municipal de Matosinhos, por me atenderem e facilitarem o contacto com pessoas essenciais ao desenvolvimento do trabalho.

Ao Eng. Álvaro Oliveira, pela cedência do projeto original da marginal da praia de Matosinhos.

Ao Prof. Doutor Paulo Avilez Valente por me facultar os levantamentos topográficos dos fundos da praia de Matosinhos.

Ao Prof. Doutor Francisco Piqueiro por gentilmente ceder as fotografias aéreas da área de estudo.

A todos os colegas e amigos que me ajudaram e me acompanharam nestes últimos anos, agradeço o companheirismo que sempre tiveram e a alegria que levavam sempre que estávamos juntos.

Aos meus pais, ao meu irmão e à minha namorada, por tudo o que me proporcionaram e sem os quais nada disto seria possível. Agradeço-lhes sobretudo a sua companhia e incentivo que foram importantíssimos ao longo desta fase da minha vida.

A todos os que, direta ou indiretamente, estiveram envolvidos na elaboração desta dissertação, agradeço a disponibilidade e a simpatia que sempre demonstraram quando me recebiam.

RESUMO

Existem diversas intervenções que visam combater de algum modo a investida do mar, obtendo alguns aspetos mais positivos e outros negativos. No caso específico do local de estudo desta dissertação, no limite entre a praia Internacional e a praia de Matosinhos, há uma erosão natural, agravada pela existência do porto de Leixões, que está imediatamente a norte.

Para além dos problemas de erosão, há ainda uma ribeira, chamada de Riguinha e Carcavelos, que está a desembocar diretamente para o areal e, por vezes, suja a praia com resíduos que entram no sistema de águas pluviais a montante. Tendo em consideração que a praia de Matosinhos é distinguida com a ‘Bandeira Azul’, esta ribeira pode tornar-se num entrave e levar à perda dessa distinção devido à degradação da qualidade da praia.

Assim, este trabalho foi desenvolvido tentando satisfazer da melhor maneira possível estas funções e aproveitar para resolver ou melhorar outras condições que favoreceriam a zona em estudo. Dessas funções destacam-se: a retenção e alimentação artificial de areias, o tratamento da desembocadura da Ribeira Riguinha e Carcavelos, a mobilidade na praia e prática de desportos aquáticos, sobretudo o surf.

Nesta dissertação está então registada a tentativa de elaboração de propostas que visem algumas das condicionantes de cada função, chegando no fim a uma proposta que considere todas as funções de uma forma equilibrada, integrada na paisagem e na sociedade local.

Depois de feita a conceção da estrutura, procedeu-se ao pré-dimensionamento da estrutura procurando dar um contributo mais profundo à proposta apresentada ao longo do trabalho e facilitando algumas dimensões e grandezas para uma eventual elaboração da obra.

PALAVRAS-CHAVE: pontão multifuncional, areias, erosão, praia de Matosinhos, alimentação artificial de areias.

ABSTRACT

There is already some work that try fight some way the sea, getting some positive effects and also negative ones. On the specific case of the Internacional and Matosinhos beaches, there is a natural erosion, aggravated by Leixões harbor, which is immediately north.

Apart from erosion problems, there is a river called Riguinha e Carcavelos that ends directly on the sand and sometimes brings some trash from the pluvial water system. Considering that the Matosinhos beach is awarded with the 'Blue Flag', this river can became a bottleneck and lead the loss of this distinction due to degradation of the quality of the beach.

This work was developed trying to satisfy the best way this problems and also improve the condition of some other things on the area under study. These functions include: retention of sands and artificial sand nourishment, treatment of the mouth of the Riguinha e Carcavelos river, mobility on the beach and water sports, especially surf.

This dissertation is an attempt to draw up proposals for some of constraints each function, getting at the end an equilibrate one that is correctly integrated in the landscape and local society.

After taken the conceptual proposal of the structure, was done the preliminary design trying to give a deeper contribution to the proposal and facilitating some dimensions and quantities for a possible development of the work.

KEYWORDS: multifunctional pier, sand, erosion, Matosinhos beach, artificial sand nourishment

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS DO TRABALHO	1
1.1. MOTIVAÇÃO DO TEMA	1
1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO	2
2. ESTADO DA ARTE	3
3. CONDIÇÕES LOCAIS E OBJETIVOS DA INTERVENÇÃO	7
3.1. CONDIÇÕES LOCAIS	7
3.1.1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E ENVOLVENTE LOCAL	7
3.1.2. MARÉS E AGITAÇÃO LOCAL	8
3.1.3. TOPOGRAFIA LOCAL	8
3.2. OBJETIVOS DA INTERVENÇÃO	9
4. CONCEÇÃO DA ESTRUTURA EM FUNÇÃO DOS OBJETIVOS FUNCIONAIS, FORMAIS E REGULAMENTARES	11
4.1. INTRODUÇÃO	11
4.2. PROPOSTAS PARA ACUMULAÇÃO DE AREIAS	12
4.2.1. ASPETOS TÉCNICOS	12
4.2.2. PROPOSTAS TRANSPARENTES À TRANSPOSIÇÃO DE AREIAS	13
4.2.3. PROPOSTAS NÃO TRANSPARENTES À TRANSPOSIÇÃO DE AREIAS	14
4.2.4. PROPOSTAS MISTAS	17
4.3. PROPOSTAS PARA A MOBILIDADE DE PESSOAS E VEÍCULOS	20
4.3.1. ASPETOS TÉCNICOS E REGULAMENTARES	21
4.3.2. PROPOSTAS PARA A MOBILIDADE DE PESSOAS	21
4.3.3. PROPOSTAS PARA A MOBILIDADE DE VEÍCULOS	22
4.4. PROPOSTAS PARA O EMISSÁRIO DA RIBEIRA	22

4.4.1. ASPETOS TÉCNICOS E REGULAMENTARES	23
4.4.2. PROPOSTA PARA O EMISSÁRIO	23
4.5. PROPOSTAS PARA DESPORTOS AQUÁTICOS E ATIVIDADES LÚDICAS	24
4.5.1. ASPETOS TÉCNICOS	24
4.5.2. PROPOSTAS PARA O DESPORTO DO SURF	26
4.5.3. PROPOSTAS LÚDICAS E DE MOBILIÁRIO URBANO	27
4.5.4. INTEGRAÇÃO DA ESTRUTURA NA PAISAGEM	30
4.6. PROPOSTAS MULTIFUNCIONAIS	35
4.6.1. PROPOSTA MULTIFUNCIONAL	37
4.6.2. ANÁLISE DA PROPOSTA MULTIFUNCIONAL	38
 5. PRÉ-DIMENSIONAMENTO	 43
5.1. INTRODUÇÃO	43
5.2. ZONA TRANSPARENTE	43
5.2.1. ASPETOS TÉCNICOS E REGULAMENTARES	44
5.2.2. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DOS PILARES	46
5.3. ZONA NÃO TRANSPARENTE	47
5.3.1. ASPETOS TÉCNICOS E REGULAMENTARES	48
5.3.1.1. Método de cálculo para zonas sem rebentação	48
5.3.1.2. Método de cálculo para zona com rebentação - Goda	50
5.3.1.3. Método de cálculo para zona com rebentação – Minikin	52
5.3.2. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA	52
 6. SÍNTESE, CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	 59
6.1. SÍNTESE E CONCLUSÕES	59
6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	60
 ANEXO A - LEVANTAMENTOS VISUAIS DA ZONA DE ESTUDO	 61
 ANEXO B - PEÇAS DESENHADAS	 83

ANEXO C - DADOS E CÁLCULOS PARA O PRÉ-DIMENSIONAMENTO	121
--	------------

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 - Blankenberge, Bélgica (Wikipedia, 2014d).....	5
Fig. 2.2 - Clevedon, Somerset, Reino Unido (Wikipedia, 2014b)	4
Fig. 2.4 - Pontão da Praia dos Pescadores em Albufeira, destruído	5
Fig. 2.3 - Pontão da Praia dos Pescadores em Albufeira, reconstruído	5
Fig. 2.5 - Proposta para a retenção de areias (HP/IHRH, 1993)	6
Fig. 2.6 - Proposta para a retenção de areias (HP/IHRH, 1993)	6
Fig. 3.1 - Localização do local de estudo (praia de Matosinhos) quando comparado com a cidade do Porto	7
Fig. 3.2 - Levantamento topográfico da praia de Matosinhos (APDL 2008).....	9
Fig. 4.1 - Velocidades horizontais superficiais para um período $T=600s$ (Avilez-Valente, P., 2003) ...	13
Fig. 4.2 - Proposta totalmente transparente à transposição de areias	13
Fig. 4.3 - Proposta não transparente à transposição de areias com uma extensão muito curta (150 m)	14
Fig. 4.4 - Proposta não transparente à transposição de areias com uma extensão longa (500 m). Ganhos prováveis a amarelo, perdas prováveis a azul.....	15
Fig. 4.5 - Proposta não transparente à transposição de areias com uma extensão média (300 m). Ganhos prováveis a amarelo, perdas prováveis a azul	15
Fig. 4.6 - Proposta totalmente não transparente com uma orientação a 70° com a marginal de Matosinhos. Ganhos previstos a amarelo, perdas previsíveis a azul	16
Fig. 4.7 - Proposta totalmente não transparente com uma orientação a 110° com a marginal de Matosinhos. Ganhos previstos a amarelo, perdas previsíveis a azul	16
Fig. 4.8 - Proposta mista perpendicular à marginal, com parte não transparente a vermelho com uma extensão de 100 metros (1/3 da extensão total) e parte transparente a verde	17
Fig. 4.9 - Proposta mista perpendicular à marginal, com parte não transparente a vermelho com uma extensão de 150 metros (1/2 da extensão total) e parte transparente a verde	18
Fig. 4.10 - Proposta mista perpendicular à marginal, com parte não transparente a vermelho com uma extensão de 200 metros (2/3 da extensão total) e parte transparente a verde. Ganhos prováveis a amarelo, perdas prováveis a azul	18
Fig. 4.11 - Proposta mista com orientação de 70° à marginal, com parte não transparente a vermelho com uma extensão de 100 metros (1/3 da extensão total) e parte transparente a verde	19
Fig. 4.12 - Proposta mista com orientação de 70° à marginal, com parte não transparente a vermelho com uma extensão de 150 metros (1/2 da extensão total) e parte transparente a verde	19
Fig. 4.13 - Proposta mista com orientação de 70° à marginal, com parte não transparente a vermelho com uma extensão de 200 metros (2/3 da extensão total) e parte transparente a verde. Ganhos prováveis a amarelo, perdas prováveis a azul.....	20
Fig. 4.14 - Rampa de acesso e passagem inferior ao nível do areal.....	21
Fig. 4.15 - Proposta com bifurcação tendo em consideração a mobilidade de veículos.....	22

Fig. 4.16 - Proposta com cabeça circular tendo em consideração a mobilidade de veículos	22
Fig. 4.17 - Corte ilustrativo da secção para o emissário da ribeira.....	23
Fig. 4.18 – Fenómenos de refração na zona em estudo (Veloso-Gomes, F., 1995).....	24
Fig. 4.19 - Fenómeno de difração em S. Martinho do Porto	25
Fig. 4.20 - Exemplo onde são evidentes os fenómenos de difração e refração.....	25
Fig. 4.21 - Proposta para criação de fenómenos de difração e refração através de painéis pré-fabricados	26
Fig. 4.22 - Proposta para criação de fenómenos de difração e refração através de taludes nos pés dos pilares (blocos de enrocamento ou em betão).....	26
Fig. 4.23 - Área de atuação de um nadador salvador posicionado numa estrutura do tipo da que está a ser estudada nesta dissertação. A verde, faixa dos 50 metros. A laranja faixa dos 100 metros. A vermelho a faixa dos 150 metros.	27
Fig. 4.24 – Muro/banco com a forma de um paralelepípedo em betão, semelhante ao da marginal mas apenas em betão (sem revestimento de granito).....	28
Fig. 4.25 – Muro/banco inspirado nos cabeços de amarração de um cais	28
Fig. 4.26 - Lanterna de encastrar no chão	28
Fig. 4.27 - Lanterna de encastrar no muro.....	29
Fig. 4.28 - Muro da Marginal de Matosinhos.....	29
Fig. 4.29 - Exemplo de estrutura metálica para criação de uma cobertura com sombra para a realização de diversas atividades lúdicas.....	30
Fig. 4.30 - Estrutura metálica apenas de um dos lados da estrutura	30
Fig. 4.31 - Elementos notáveis na praia de Matosinhos e praia Internacional. (A) - Castelo do Queijo; (B) – Edifício ‘Transparente’; (C) – Marginal de Matosinhos; (D) – Novo cais do terminal de cruzeiros; (E) – Centro de Interpretação Ambiental; (F) – Rotunda da ‘Anêmona’; (G) – Quebramares do porto de Leixões; (H) – areal da praia de Matosinhos e praia Internacional.....	31
Fig. 4.32 - Aspeto de uma zona em betão com saliências e reentrâncias	32
Fig. 4.33 – Alternativas consideradas na conceção dos pilares da estrutura.....	32
Fig. 4.34 - Enquadramento da orientação do 'Eixo da Circunvalação' na praia que faz um ângulo próximo de 70° com a marginal de Matosinhos	33
Fig. 4.35 - Figura ilustrativa das curvaturas do intradorso e extradorso da estrutura	33
Fig. 4.36 - Representação do esboço das curvaturas dos dois braços da estrutura.....	34
Fig. 4.37 - Esquema que exemplifica a subtração de áreas no enquadramento da estrutura	34
Fig. 4.38 - Aparência da proposta multifuncional.....	38
Fig. 4.39 - Análise à retenção das areias para a proposta multifuncional	39
Fig. 4.40 - Planta com indicação dos sentidos de mobilidade. Verde para peões. Castanho para veículo de emergência.....	39
Fig. 4.41 - Corte transversal na posição PK0+025 onde é possível ver a secção do canal da ribeira	40

Fig. 4.42 - Simulação das cristas das ondas com a estrutura multifuncional (fenómenos de difração)	41
Fig. 4.43 - Área de atuação de um nadador salvador posicionado na estrutura multifuncional. A verde, faixa dos 50 metros. A laranja faixa dos 100 metros. A vermelho a faixa dos 150 metros.	41
Fig. 4.44 - Esquema que mostra o efeito de corte da rampa de acesso na parede da zona não transparente	42
Fig. 5.1 - Zona transparente com pilares num pontão em <i>Scheveningen</i> , na Holanda (Veloso-Gomes)	44
Fig. 5.2 - Mapa de pilares da zona transparente da estrutura	46
Fig. 5.3 - Esquema ilustrativo das ações na estrutura	48
Fig. 5.4 - Perfil transversal PK0+200 a ser pré-dimensionado	53
Fig. 5.5 - Esquema ilustrativo das resultantes das forças a atuar na estrutura	56
A1.a) Clevedon, Somerset, Reino Unido (Wikipedia, 2014b)	63
A1.b) Blankenberge, Bélgica (Wikipedia, 2014d)	63
A1.c) Scheveningen, Holanda (Wikipedia, 2013c)	64
A1.d) Progreso, Yucatán, México (Wikipedia, 2014e)	64
A1.e) Fort Lauderdale, Florida, EUA (Photography, Z., 2011)	65
A1.f) Galveston, Texas, EUA (Wikipedia, 2013b)	65
A1.g) Cromer, Norfolk, Reino Unido (Wikipedia, 2013a)	66
A1.h) Brighton, Reino Unido (Wikipedia, 2014a)	66
A1.i) Llandudno, Conwy, Reino Unido (Wikipedia, 2014c)	67
A2.a) Levantamento de imagem satélite de 13/01/2003, Google Earth	69
A2.b) Levantamento de imagem satélite de 07/08/2003, Google Earth	69
A2.c) Levantamento de imagem satélite de 16/05/2004, Google Earth	70
A2.d) Levantamento de imagem satélite de 16/05/2004, Google Earth	70
A2.e) Levantamento de imagem satélite de 26/06/2007, Google Earth	71
A2.f) Levantamento de imagem satélite de 11/10/2009, Google Earth	71
A2.g) Levantamento de imagem satélite de 18/07/2010, Google Earth	72
A2.h) Levantamento de imagem satélite de 22/03/2011, Google Earth	72
A2.i) Levantamento de imagem satélite de 22/06/2012, Google Earth	73
A3.a) Praia de Matosinhos, Março de 2014	75
A3.b) Praia de Matosinhos, Março de 2014	75

A3.c) Praia de Matosinhos, Março de 2014	76
A3.d) Praia de Matosinhos, Março de 2014	76
A3.e) Praia de Matosinhos, Março de 2014	76
A3.f) Praia de Matosinhos, Março de 2014	77
A3.g) Praia de Matosinhos, Março de 2014	77
A3.h) Praia de Matosinhos, Março de 2014	77
A3.i) Praia de Matosinhos, Março de 2014	78
A3.j) Praia de Matosinhos, Março de 2014	78
A3.k) Zona da desembocadura da ribeira da Riguinha e Carcavelos, Março de 2014	78
A3.l) Zona da desembocadura da ribeira da Riguinha e Carcavelos, Março de 2014	79
A3.m) Zona da desembocadura da ribeira da Riguinha e Carcavelos, Março de 2014	79
A3.n) Zona da desembocadura da ribeira da Riguinha e Carcavelos, Março de 2014	79
A3.o) Praia Internacional, Março de 2014	80
A3.p) Zona da desembocadura da ribeira da Riguinha e Carcavelos, Março de 2014	80
A3.q) Zona da desembocadura da ribeira da Riguinha e Carcavelos, Março de 2014	80
A3.r) Praia Internacional, Março de 2014	81
 B1.a) Implantação da estrutura na praia de Matosinhos	 85
B1.b) Render 3D da estrutura	85
 C1.a) Coeficientes Hidrodinâmicos C_D e C_M , em função de Re , KC e ϵ/D para o escoamento oscilatório. Contorno cilíndrico circular, Sarpkaya 1978	 123
C1.b) Coeficientes Hidrodinâmicos C_D e C_M , em função de Re , KC e ϵ/D para o escoamento oscilatório. Contorno cilíndrico circular, Sarpkaya 1978	124

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 - Exemplos de pontões internacionais com diferentes funções (Anexo A1).....	3
Quadro 4.1 - Comparação das condicionantes de cada uma das funções propostas na conceção da estrutura	12
Quadro 4.2 - Quadro resumo das propostas elaboradas	35
Quadro 5.1 - Parâmetros calculados para o pré-dimensionamento do pilar P1	47
Quadro 5.2 - Parâmetros KC (Número de Keulegan-Carpenter), Re (Número de Reynolds) e β (Número de Valensi).....	47
Quadro 5.3 - Força de Inércia, F_I , Força de Resistência, F_D , e força total pela fórmula de Morison....	47
Quadro 5.4 - Parâmetros iniciais da secção e dados utilizados no pré-dimensionamento	53
Quadro 5.5 - Parâmetros hidráulicos	54
Quadro 5.6 - Peso da secção (com um metro de desenvolvimento) e peso submerso	54
Quadro 5.7 - Parâmetros de Goda para o cálculo dos coeficientes C.....	54
Quadro 5.8 - Coeficientes para os métodos Sem Rebentação, Goda e Minikin	55
Quadro 5.9 - Cálculo de p_0	55
Quadro 5.10 - Cálculo das pressões p_1 , p_2 , p_3 e p_u para os diversos métodos	55
Quadro 5.11 - Cálculo das forças resultantes.....	56
Quadro 5.12 - Cálculo das forças e momentos estabilizadores e desestabilizadores. Cálculo dos parâmetros necessários para verificação das tensões na base	56
Quadro 5.13 - Cálculo dos coeficientes de segurança ao deslizamento e ao derrube e das tensões máximas e mínimas na base.....	57
Quadro C2.1 - Pré-dimensionamento do pilar P2	125
Quadro C2.2 - Pré-dimensionamento do pilar P3	126
Quadro C2.3 - Pré-dimensionamento do pilar P4	127
Quadro C2.4 - Pré-dimensionamento do pilar P5	128
Quadro C2.5 - Pré-dimensionamento do pilar P6	129

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

PMAV – preia-mar de águas vivas

BMAV – baixa-mar de águas vivas

ZH – zero hidrográfico

hab – habitantes

A – área [m^2]

B_t – Largura do patamar da fundação [m]

B_v – Largura do caixotão [m]

C_D – Coeficiente Hidrodinâmico

C_i – Coeficientes do método sem rebentação, Goda e Minikin

C_M – Coeficiente de massa Hidrodinâmico

D – Diâmetro [m]

d_s – Profundidade média dos fundos naquela secção [m]

d_t – Profundidade na face da estrutura [m]

d_v – Altura do caixotão submersa [m]

F_D – Força de Resistência [kN]

F_I – Força de Inércia [kN]

f_v – Altura do caixotão não submerso [m]

g – Aceleração gravítica [m/s^2]

H – Altura de onda [m]

H_{des} – Altura de onda de projeto [m]

h_v – Altura total do caixotão [m]

KC – Número de Keulegan-Carpenter

L – Comprimento de onda [m]

M_o – Massa do fluido deslocada pelo corpo [kg]

p_i – Forças distribuídas aplicadas na estrutura [kN/m]

Re – Número de Reynolds

t – Tempo [s]

T – Período da onda [s]

U – Velocidade [m/s]

V – Volume [m^3]

Z – Cota [m]

ρ – Massa volúmica [kg/m^3]

α – Ângulo de incidência das ondas [°]

β – Número de Valensi

γ – Peso volúmico [kN/m^3]

δ_i – Coeficientes para o método de Goda

ν – Viscosidade cinemática [m^2/s]

ξ_i – Coeficientes para o método de Goda

σ – Tensões [kPa]

φ – Ângulo de atrito [°]

APDL – Administração dos Portos do Douro e Leixões

IH – Instituto Hidrográfico

MIEC – Mestrado Integrado em Engenharia Civil

1

ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS DO TRABALHO

1.1. MOTIVAÇÃO DO TEMA

A costa portuguesa, devido à sua forte exposição, tem sido afetada com as investidas sucessivas do mar. Apesar de todos os esforços do homem em conter o seu avanço, tornou-se já claro para a comunidade científica que esse não é um problema que irá acabar, mas sim uma situação com a qual os habitantes portugueses, sobretudo os mais afetados, terão que saber conviver.

Olhando para o caso específico da praia de Matosinhos, tem especial interesse sobretudo por estar localizada numa zona urbana com grande densidade populacional. É, portanto, um local de grande afluência de pessoas e a primeira e única defesa em relação ao mar de todo o aglomerado populacional que se estende para o interior.

Outro fator de relevo é ser uma praia imediatamente a sul do quebramar do porto de Leixões. Este aspeto é relevante porque a presença dos quebramares do porto alteram a dinâmica natural da praia, sobretudo quando não permitem transporte de areias de norte para sul, como é habitual na costa portuguesa. Este ponto já obrigou a que fossem realizadas alimentações artificiais, com os respetivos custos anexados.

A grande motivação para a elaboração deste trabalho é então fundada na tentativa de criar um melhor equilíbrio da defesa daquela zona costeira que é composta pela praia de Matosinhos e pela praia Internacional (Veloso-Gomes, F., 2013). No primeiro caso existe um areal relativamente extenso, mas no segundo não existe praticamente defesa nenhuma, com a exceção do que se pode considerar em caso extremo como um exemplo de defesa aderente constituído pelos muros das marginais (Avenida Norton de Matos e Via do Castelo do Queijo).

Aliado a este ponto, existem outras motivações mas que têm, ou podem ter, uma influência positiva para a zona. Referem-se, nomeadamente, o tratamento da desembocadura da ribeira da Riguinha e Carcavelos, que prejudica a avaliação das praias anexas na obtenção da bandeira azul, um símbolo de garantia de qualidade; a criação de uma zona pedonal com mobiliário urbano com a devida integração paisagística e de mobilidade; e a possível melhoria das condições para a prática de desportos de ondas como o surf.

Há também ainda outros aspetos inerentes à construção de uma estrutura deste género nesta praia, sobretudo paisagísticos e de integração urbana, numa zona bastante delicada pela sua densidade populacional e pelos interesses económicos e turísticos.

1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho tornam-se então mais claros depois da exposição das motivações do tema que foram referidas no ponto anterior. Assumindo que este trabalho tem uma forte componente ligada à especialidade de hidráulica, não descartando as suas outras ligações a áreas como a arquitetura e planeamento do território que são também elas parte importante do conteúdo desta dissertação, o principal objetivo deste trabalho é chegar a um equilíbrio de soluções possíveis que beneficie toda a zona da praia de Matosinhos e praia Internacional influenciada pelas intempéries constantes que se verificam.

Das principais funções que se preveem ser incluídas na tentativa de resolução, enumeram-se a retenção de areias, o tratamento da desembocadura da ribeira da Riguinha e Carcavelos, a garantia de mobilidade das pessoas que acedam à estrutura e a melhoria de condições para a prática de desportos náuticos como o surf e similares.

Tratando-se esta dissertação de um exercício académico mas de um exemplo real, em condições reais e com possíveis proveitos futuros das conclusões do estudo apresentado, o trabalho a ser realizado incidirá na conceção e posterior pré-dimensionamento de uma proposta que favoreça da forma mais equilibrada possível as funções referidas anteriormente, com uma maior preocupação com as questões hidráulicas do problema, não descartando no entanto toda a componente arquitetónica, paisagística, social e económica que podem ter um peso decisivo numa intervenção como a que é proposta.

Assim, este trabalho enquadra-se na procura de propostas através de estruturas multifuncionais que satisfaçam o melhor possível todas as motivações enumeradas, dando uma ideia de uma possível solução, mesmo que parcial, para alguns dos problemas que afetam a zona em questão.

2

ESTADO DA ARTE

A utilidade e funcionalidade dos pontões e esporões é já muito experienciada pelos especialistas da área. No entanto a multifuncionalidade que é proposta no âmbito desta dissertação exige uma nova abordagem, sendo necessária a divisão das respetivas funções para uma análise mais elaborada e concreta da experiência coletada em cada situação ao longo dos anos. Admitindo que os pontões das propostas apresentadas neste trabalho pressupõem abranger as funções de retenção de areias a sul da praia de Matosinhos, na praia Internacional, de alimentação artificial, de emissário da Ribeira da Riguinha e Carcavelos, da possibilidade de uso pedonal integrado numa mobilidade urbana e da prática de desportos de ondas como o surf, é difícil encontrar exemplos nacionais ou mesmo internacionais que permitam avaliar alguma experiência neste tipo de estruturas com todas as funcionalidades enumeradas.

Mesmo não sendo possível afirmar que existem casos semelhantes, há bastante experiência quando as funcionalidades se agrupam em dois grupos.

Um deles, onde o objetivo da estrutura é a de defesa costeira (retenção de areias e alimentação artificial) e drenagem das águas pluviais (emissários submarinos). Existem diversas estruturas, nomeadamente esporões, que visam a retenção de areias para proteção da costa, sendo uma paisagem bastante comum inclusive em Portugal, onde existem diversos campos de esporões. Também quanto à drenagem das águas fluviais ou residuais das redes através de emissários submarinos é uma metodologia da qual há bastante prática, mesmo quando inserido num esporão, havendo um desses exemplos relativamente perto do local em estudo, na praia de Madalena, em Vila Nova de Gaia.

O outro grupo, que incorpora as funções mais lúdicas e recreativas como o uso pedonal, prática de desportos de ondas ou mesmo pesca desportiva, dispõe inúmeros os exemplos internacionais de pontões com fins semelhantes, como pode ser visto no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 - Exemplos de pontões internacionais com diferentes funções (Anexo A1)

Localização	Comprimento (m)	Largura (m)	Forma em planta	Função	Ano de fim de construção
Clevedon, Somerset, Reino Unido (Fig. 2.1)	312	Aprox. 5	Retangular	Ligação a cais	1894-1904
Blankenberge, Bélgica (Fig. 2.2)	350	Aprox. 12	Corpo Retangular,	Lúdica/eventos	1933 (renovado 1999-2004)

			cabeça circular		
Scheveningen, Holanda	382	Aprox. 15	Corpo Retangular, cabeça com forma complexa	Várias	1961
Progreso, Yucatán, México	6500	Aprox. 10	Retangular	Ligação a terminal de porto	1942
Fort Lauderdale, Florida, EUA	Aprox. 270	Aprox. 6	Retangular	Pesca, Lúdico	1963
Galveston, Texas, EUA	345	Aprox. 40	Retangular	Lazer	1943 (reconstruído 2012)
Cromer, Norfolk, Reino Unido	140	Aprox. 13	Retangular com saliências	Lazer	1902
Brighton, Reino Unido	524	Aprox. 15	Retangular com saliências	Lazer	1899
Llandudno, Conwy, Reino Unido	700	Aprox. 6	Corpo Retangular, cabeça aproximadamente triangular	Lazer	1877



Fig. 2.1 - Clevedon, Somerset, Reino Unido (Wikipedia, 2014b)



Fig. 2.2 - Blankenberge, Bélgica (Wikipedia, 2014d)

Há também aqui uma clara distinção na conceção. Para o primeiro caso, a estrutura é mais robusta e não transparente, construída normalmente com recurso a blocos naturais ou artificiais colocados em taludes ou então soluções verticais como caixotões e aduelas. No segundo, uma estrutura mais esbelta e muitas vezes transparente à passagem de areias e pessoas, sendo suportada em pilares cilíndricos ou grupos de estacas. Naturalmente que, para a situação portuguesa onde a agitação marítima é severa, torna-se necessário que em estruturas do tipo pontão, mais esbeltas, sejam tomadas precauções no seu dimensionamento, havendo até casos conhecidos onde o pontão foi gravemente danificado devido às fortes ações que sofreu por parte da água do mar (caso do pontão da praia dos Pescadores, em Albufeira, nas Fig. 2.3 e Fig. 2.4).



Fig. 2.4 - Pontão da Praia dos Pescadores em Albufeira, destruído



Fig. 2.3 - Pontão da Praia dos Pescadores em Albufeira, reconstruído

Esta distinção na conceção dá uma ideia inicial que, para satisfazer as funções a que este trabalho se propõe, será necessário combinar uma estrutura mais robusta como um esporão com outra mais esbelta, pontão, deixando adivinhar uma espécie de um combinação estrutural que será referido ao longo do trabalho como uma estrutura do tipo misto.

Analisando o caso mais específico da área de estudo deste trabalho, na praia de Matosinhos, há também alguma experiência coletada na conceção de estruturas para defesa costeira. Num estudo realizado pela Hidrotécnica Portuguesa e pelo Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos (HP and IHRH, 1993), há referência à criação de uma estrutura (Fig. 2.6 e Fig. 2.5), localizada aproximadamente no mesmo local da estrutura estudada nesta dissertação, com a função de retenção de areias. Isto indica, claramente, que o problema da retenção de areias é já antigo, havendo alguma preocupação há alguns anos para a sua resolução.

No âmbito do estudo referido e das propostas apresentadas nas Fig. 2.6 e Fig. 2.5, é importante destacar que o mesmo se enquadra numa tentativa de retenção de areias de alimentações artificiais promovidas pelas dragagens das zonas de navegação do porto de Leixões. No entanto, era já evidente a preocupação das autoridades na manutenção do areal das praias em questão e, sobretudo, da dificuldade em reter na zona as areias que, no caso, eram provenientes da alimentação artificial de areias obtidas nas operações de limpeza dos fundos dos canais navegáveis. Para enfrentar essas adversidades, desenvolveram-se as duas propostas das Fig. 2.6 e Fig. 2.5 que consistem, de uma forma resumida, a esporões com formas adaptadas para minimizar os seus impactos na paisagem em redor e possibilitar a utilização dos mesmos para passeios ao longo da sua extensão.

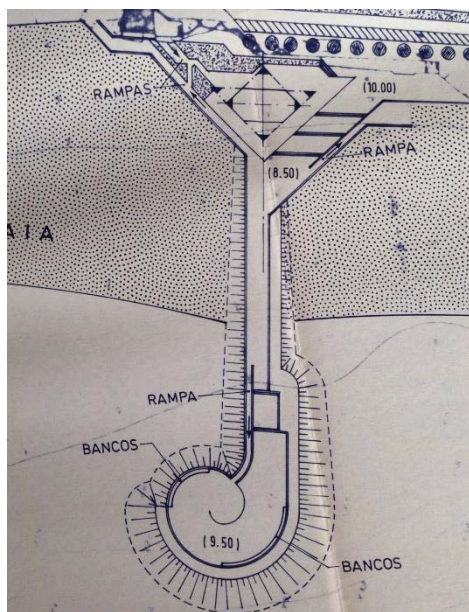


Fig. 2.6 - Proposta para a retenção de areias (HP/IHRH, 1993)

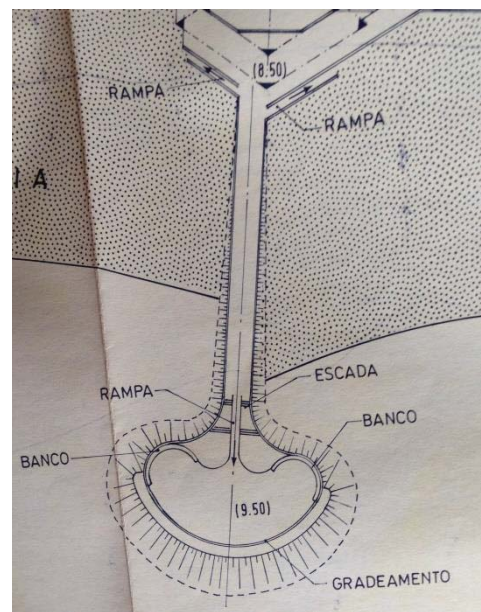


Fig. 2.5 - Proposta para a retenção de areias (HP/IHRH, 1993)

3

CONDIÇÕES LOCAIS E OBJETIVOS DA INTERVENÇÃO

3.1. CONDIÇÕES LOCAIS

3.1.1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E ENVOLVENTE LOCAL

A praia de Matosinhos, assim como a praia Internacional (Fig. 3.1 e Anexos A2 e A3), estão situadas numa zona fortemente urbanizada. Por esse mesmo motivo, qualquer que seja a intervenção a ser realizada, deve ser intensivamente estudada de forma a perceber os impactes reais na sociedade, nas dinâmicas físicas da zona e na economia local. Assim, esta dissertação tenta de alguma forma prever alguns dos impactos nas dinâmicas físicas, sobretudo as mais ligadas à Engenharia Civil, tentando também abordar de alguma forma os aspetos sociais através de impactes paisagísticos e do planeamento do território.

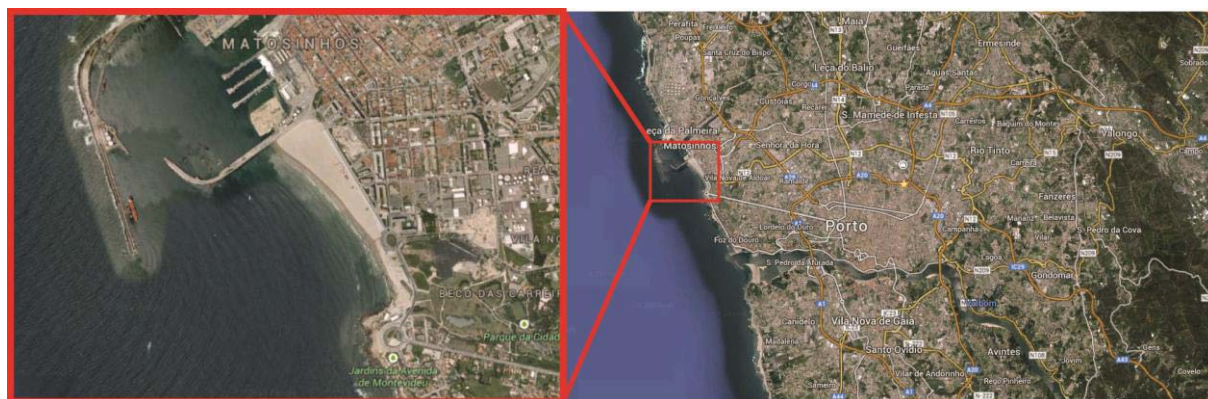


Fig. 3.1 - Localização do local de estudo (praia de Matosinhos) quando comparado com a cidade do Porto

A zona estudada neste trabalho corresponde a uma das praias mais frequentadas do norte, muito por condições e características da zona em que se insere. A cidade de Matosinhos, uma das cidades mais populosas de Portugal, com 175 478 habitantes (Censos 2011) e uma densidade populacional de 2 811,25 hab/km², inserida também ela numa das regiões mais habitadas do país, na Grande Área Metropolitana do Porto com 3 689 609 habitantes, tem na sua praia a porta para o mar e os seus habitantes aproveitam e são assíduos frequentadores da sua praia. Todos estes aspetos e outros

destacados pelo inquérito dos Censos de 2011, que não se enquadram nesta dissertação mas que são importantes de relembrar, fazem prever um aumento da utilização da praia, fruto do aumento de população previsto para a zona. Assim, torna-se importante a manutenção e proteção da costa e do caso específico da praia, que sendo um ponto económico relevante é também um foco de lazer das pessoas que residem na cidade de Matosinhos e nos seus arredores. Também a localização próxima do Porto de Leixões, um dos principais portos portugueses, inflaciona a necessidade de cuidados a ter na conceção da estrutura a que este trabalho se destina, devido às alterações que possam surgir nas diferentes dinâmicas que influenciam a navegação. No caso da integração da estrutura na envolvente, há que destacar os inúmeros elementos notáveis que rodeiam a praia de Matosinhos. Casos como o Castelo do Queijo, a marginal de Matosinhos, o ‘Edifício Transparente’, a rotunda da ‘Anêmona’, o Centro de Interpretação Ambiental, o novo terminal de cruzeiros e os quebra-mares do porto de Leixões têm uma grande influência na forma como a estrutura pode ser concebida.

3.1.2. MARÉS E AGITAÇÃO LOCAL

Relativamente às marés, esta localidade está em concordância com a generalidade do país que tem a sua Preia-Mar de Águas Vivas (PMAV) a uma cota de aproximadamente 4,0 metros. As previsões para o local em estudo são praticamente idênticas às do Porto de Leixões, uma vez que são locais contíguos. Assim, nas previsões para o Porto de Leixões (APDL, 2014), que são referidas a um nível de referência 0,226 metros acima do zero hidrográfico (ZH), o máximo previsível para o ano de 2014 não deverá ultrapassar os 3,7 metros. No entanto, tendo em consideração as marés meteorológicas, não é de todo inadequado considerar a cota dos 4,0 metros. Já no caso da Baixa-Mar de Águas Vivas (BMAV), correspondente ao zero hidrográfico local, que é os mesmos 0,226 m acima do ZH nacional, tem uma diferença relativamente ao zero topográfico de -2,0 metros (IH, 2014b).

A costa portuguesa é tradicionalmente bastante agressiva e a praia de Matosinhos, apesar de estar ligeiramente resguardada pelos quebra-mares do porto de Leixões, tem amplitudes de marés de 4,0 metros e as agitações são também elas bastante agrestes. Para se ter uma ideia, a onda máxima registada na boia ondógrafo de Leixões é de 15,6 metros, não sendo ainda assim o maior valor do país. O maior valor registado no país foi apanhado pela boia da Nazaré com um valor de 19,4 metros (IH, 2014a).

3.1.3. TOPOGRAFIA LOCAL

A topografia do local em estudo é razoavelmente conhecida, sobretudo pelo controlo constante que o Porto de Leixões faz para a manutenção do seu canal de navegação. Naturalmente, as autoridades desta infraestrutura mantêm sob observação a zona envolvente ao porto, e a praia de Matosinhos não é exceção. Assim, foi possível conhecer alguns projetos da zona, assim como um levantamento relativamente recente da praia de Matosinhos, que data de 2008. Sabendo que a zona costeira tem uma forma dinâmica, é natural que atualmente haja algumas diferenças que não põem em causa as propostas e discussões apresentadas. Assim, na Fig. 3.2 está representado o levantamento que foi utilizado neste estudo.

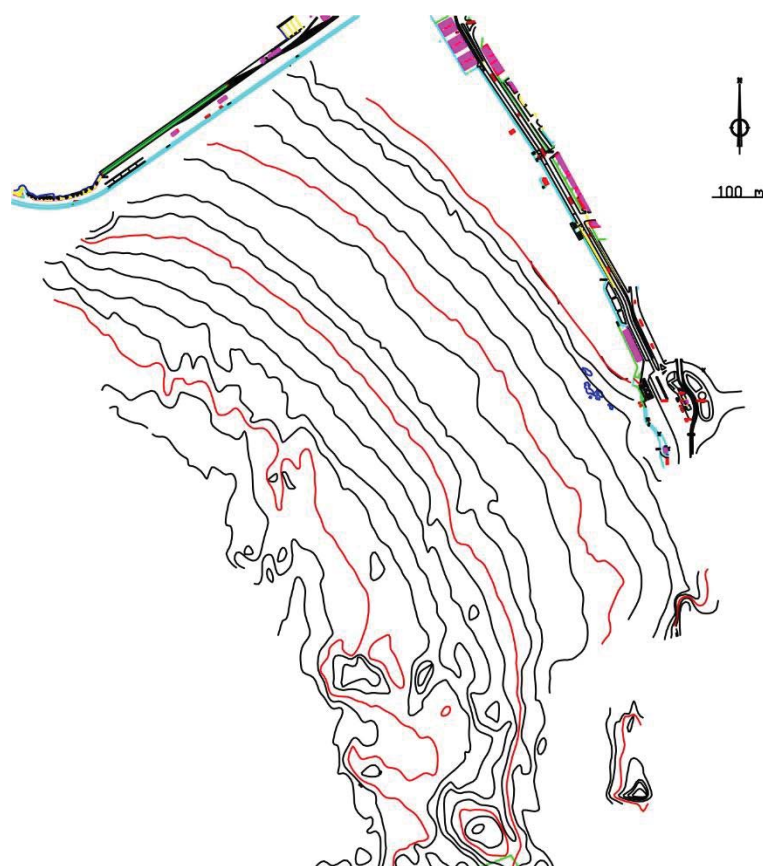


Fig. 3.2 - Levantamento topográfico da praia de Matosinhos (APDL 2008)

Como se pode verificar pela Fig. 3.2, a praia tem um declive pouco acentuado, com um talude regular (linhas batimétricas estão espaçadas entre si, aproximadamente, com a mesma distância), tornando-a uma excelente praia para a atividade balnear.

3.2. OBJETIVOS DA INTERVENÇÃO

A intervenção que é proposta nesta dissertação consiste numa estrutura multifuncional que satisfaça todas as funções promovidas anteriormente neste trabalho. Esta plurifuncionalidade que é objetivo ser tratada dificulta a conceção da estrutura pela sua complexidade, que como foi retratado no capítulo 2 carece de experiências conjuntas de estruturas com tal conjugação de funções. Uma intervenção deste género tem sempre o objetivo de melhorar as condições locais, independentemente das necessidades que vai suprimir, tentando constantemente encontrar um equilíbrio entre a harmonia com a sociedade local e as funções que lhe cabem satisfazer. De uma forma efetiva, será necessário criar um pontão que consiga corresponder às seguintes necessidades:

- Retenção das areias tendo em vista possíveis alimentações artificiais que possam ser feitas, sobretudo pelas operações de dragagem dos canais de navegação do porto de Leixões.
- Garantir que a praia tenha uma qualidade de excelência que a classificação de bandeira azul lhe confere. A presença de uma estrutura que acrescente algo de diferente à praia e proporcione

novos métodos de utilização da mesma pode ser uma excelente adição a todo o complexo balnear.

- Melhorar as condições para a prática dos desportos aquáticos, nomeadamente o surf, através de novos fenómenos de difração e refração das ondas.
- Beneficiar as operações de salvamento através de uma estrutura que capacite a praia com uma melhor infraestrutura de meios de salvamento, garantindo uma área de atuação alargada e mais eficaz.
- Tratamento da desembocadura da ribeira de Riguinha e Carcavelos que neste momento desagua em pleno areal arrastando alguns resíduos que entram no sistema pluvial.
- Introduzir a estrutura de uma forma correta na paisagem e no meio urbano complexo da cidade de Matosinhos. O pontão terá que ser concebido de forma a encaixar de forma harmoniosa na paisagem e corresponder às expectativas visuais dos frequentadores da praia de Matosinhos.

4

CONCEÇÃO DA ESTRUTURA EM FUNÇÃO DOS OBJETIVOS FUNCIONAIS, FORMAIS E REGULAMENTARES

4.1. INTRODUÇÃO

Fazendo uma análise detalhada dos condicionalismos de cada uma das funções, pode delimitar-se a área de influência na conceção da estrutura multifuncional em cada tópico específico. Assim, passa-se a descrever essa mesma análise de forma a sintetizar a informação antes da conceção.

Considerando a primeira função proposta, da retenção de areias e alimentação artificial, pode-se afirmar que os parâmetros da estrutura que vão ser influenciados neste ponto serão a transparência da estrutura, que ditará qual a zona onde irá ser criada uma barreira à transposição da areia, da extensão da estrutura e da sua orientação, que ditará um ajuste mais favorável à retenção das areias na praia Internacional e na praia de Matosinhos.

Quanto à mobilidade de pessoas e veículos é possível verificar que o que vai ser condicionado será sobretudo a forma do tronco e da cabeça da estrutura, assim como a sua largura mínima. É necessário que, para além de peões, o pontão seja acessível a veículos de emergência médica (ambulâncias), tornando portanto imprescindível garantir que a plataforma tenha uma largura e forma em conformidade em toda a sua extensão e que na cabeça da estrutura haja espaço suficiente para a realização de alguma manobra de inversão de marcha para facilitar a evacuação dos meios.

Verificando o tema do emissário e desembocadura da ribeira da Riguinha e Carcavelos, torna-se também claro que as condicionantes deste serão, naturalmente, a vazão da ribeira (logo a largura do canal e, consequentemente, da estrutura), assim como a extensão da zona não transparente onde será inserido o emissário.

No caso dos desportos aquáticos como o surf e das funcionalidades lúdicas, onde no primeiro a procura de fenómenos de difração e refração é uma mais-valia para os praticantes da modalidade, condicionará a forma da cabeça da estrutura, assim como a extensão da mesma, de forma a determinar o local onde ocorrerão esses acontecimentos. Com as funcionalidades lúdicas, tem-se como principais preocupações as integrações paisagísticas, as formas do corpo da estrutura de maneira a melhor integração no meio em que se insere, assim como a utilização do mobiliário urbano, ditando assim uma largura mínima para a utilização do mesmo. É necessário também dar destaque a características que beneficiem a atuação do nadador salvador, podendo mesmo ser possível a utilização de motas de água para maior eficácia.

Assim, aglutinando a informação enumerada em cima, fica registado no Quadro 4.1 em forma de síntese, o domínio de cada função proposta na conceção final da estrutura mista a que esta dissertação se propõe.

Quadro 4.1 - Comparação das condicionantes de cada uma das funções propostas na conceção da estrutura

Retenção de areias e alimentação artificial	Mobilidade de pessoas e veículos	Emissário e desembocadura da ribeira	Surf, funcionalidades lúdicas e salvamento
Transparência, extensão e orientação da estrutura	Largura, forma da cabeça e do corpo da estrutura	Largura e extensão da estrutura	Extensão, largura, forma da cabeça e do corpo da estrutura

4.2. PROPOSTAS PARA ACUMULAÇÃO DE AREIAS

Começando o tema da acumulação de areias, que é uma das motivações essenciais da dissertação, e através da análise já efetuada anteriormente que está sintetizada no Quadro 4.1, pode verificar-se que os parâmetros que são influenciados neste ponto são a transparência, extensão e orientação da estrutura. Assim, propõe-se o estudo de propostas derivando para três tipos: transparentes à transposição de areias, não transparentes à transposição de areias e propostas com estruturas mistas. Em cada um destes três tipos são analisadas várias orientações e extensões da estrutura tentando decifrar as alterações prováveis na dinâmica da zona. Quer nas orientações, quer nas extensões, a tentativa será sempre simular casos extremos e casos intermédios, de forma a encontrar propostas com os parâmetros referidos próximos das dimensões mais favoráveis e, a partir dessas, tirar ilações relativamente aos prós e contras de cada situação.

4.2.1. ASPETOS TÉCNICOS

O primeiro passo para a elaboração das propostas de retenção de areias é perceber a dinâmica da zona, através de estudos de agitação e experiência acumulada de situações ou fenómenos existentes. Assim, com a ajuda do ‘Estudo das Condições de Agitação no Interior do Porto de Leixões’ (Avilez-Valente, P., 2003) onde é perceptível a agitação marítima da praia e a orientação preferencial das correntes, é possível prever alguma da dinâmica natural do transporte de areias, apesar de haver alguma incerteza e imprecisão nessas previsões. Essa incerteza e imprecisão apenas pode ser contornada através de um estudo específico para a praia onde seja possível simular o transporte sólido que está fora do contexto desta dissertação. Na Fig. 4.1 está presente um mapa de velocidades horizontais superficiais, no qual é possível perceber qual a orientação predominante das correntes de água, deixando uma ideia aproximada de como a areia poderá ser retida tendo em conta a sua origem preferencial, que será maioritariamente de Norte para Sul.

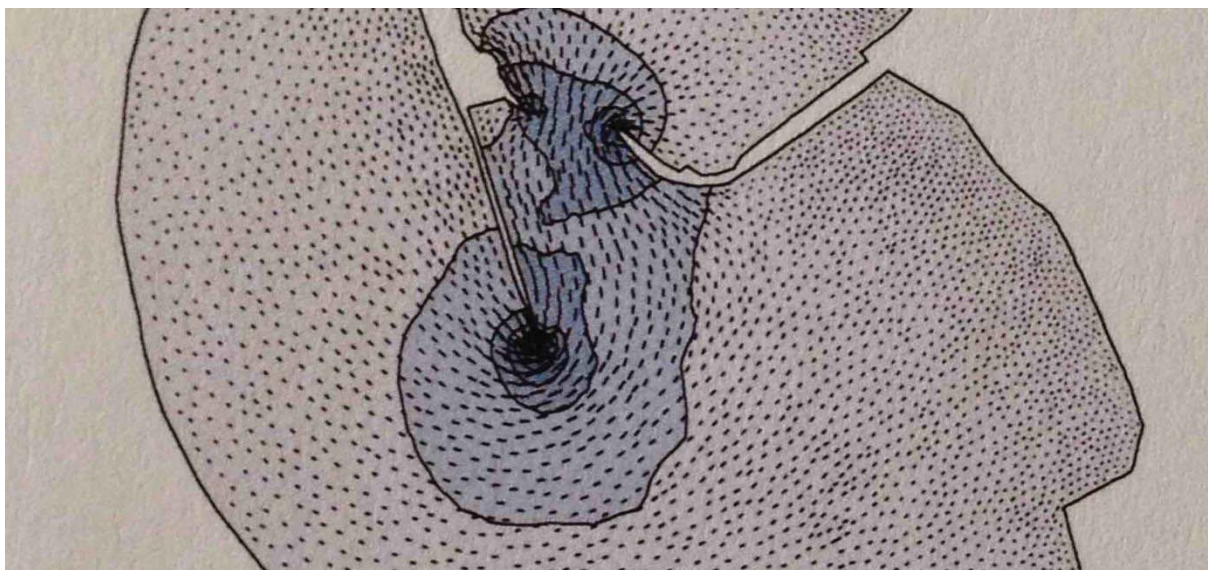


Fig. 4.1 - Velocidades horizontais superficiais para um período $T=600s$ (Avilez-Valente, P., 2003)

Admite-se também que através desta aproximação seja possível definir uma orientação da estrutura a ser concebida que seja mais favorável para a retenção das areias.

De referir também que se definem como partes transparente zonas onde a estrutura está apoiada em pilares/estacas que permitem a passagem de areia entre eles. De igual forma, a zona não transparente traduz-se numa parede ou muro contínuo que não permite a transposição da estrutura por parte da areia e que, portanto, propicia a acumulação de areia nas zonas contíguas.

4.2.2. PROPOSTAS TRANSPARENTES À TRANSPOSIÇÃO DE AREIAS

No caso das propostas transparentes à transposição de areias, apenas será analisada uma proposta, uma vez que é indiferente a sua extensão e a sua orientação quando não consegue reter a areia na praia. Assim, na Fig. 4.2, está ilustrada a proposta totalmente transparente à transposição de areias que não influencia, praticamente, a dinâmica natural do transporte sólido da praia.



Fig. 4.2 - Proposta totalmente transparente à transposição de areias

É fácil de perceber que qualquer que seja a extensão e a direção da estrutura, que desde que esta seja transparente à transposição de areias que o seu impacto nesta vertente será praticamente nulo. Assim, esta proposta será rapidamente descartada por não alterar em nada a dinâmica da praia no ponto do objetivo principal do trabalho.

4.2.3. PROPOSTAS NÃO TRANSPARENTES À TRANSPOSIÇÃO DE AREIAS

Neste subcapítulo, são analisadas três propostas de estruturas não transparentes, uma de pequena extensão, outra de grande extensão e outra de uma extensão considerada média, sendo ainda que a proposta considerada mais favorável será analisada com diferentes orientações.



Fig. 4.3 - Proposta não transparente à transposição de areias com uma extensão muito curta (150 m)

Verificando os impactos prováveis de uma estrutura com uma extensão muito curta (Fig. 4.3), 150 metros, é também fácil perceber que os impactos serão praticamente nulos na retenção de areias, uma vez que esta estrutura acaba, aproximadamente, na linha de baixa-mar. Assim, qualquer que seja a direção, desta, o ganho positivo de areias será praticamente inexistente. Daqui fica a ideia que uma proposta pouco extensa dificilmente será uma proposta válida, tendo em conta que pode nem chegar à água quando a maré é vaza e, portanto, não reteria a areia.

Para a proposta mais longa (Fig. 4.4), de 500 metros, é possível verificar que tem ganhos bastante positivos do lado da praia Internacional. No entanto, traz também perdas bastante consideráveis no lado da praia de Matosinhos que poderão trazer problemas futuros. Uma vez que se espera um equilíbrio razoável entre os benefícios e os pontos negativos, uma proposta como a apresentada na Fig. 4.4, onde há perdas relevantes do lado da praia de Matosinhos, não é de todo a mais adequada.

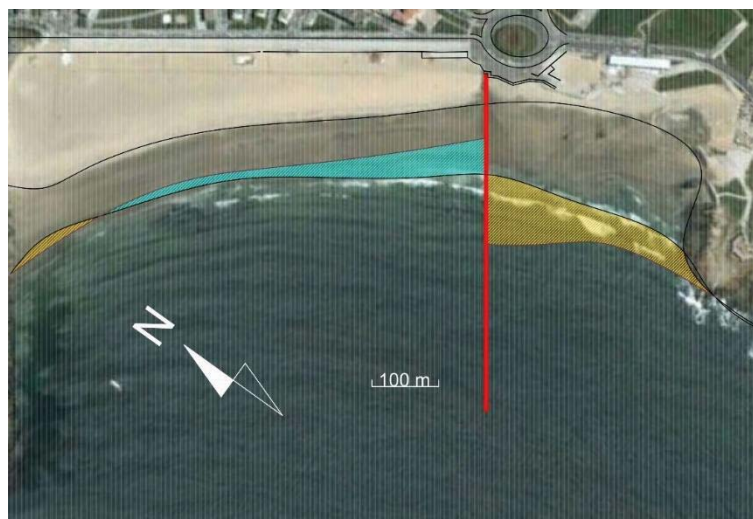


Fig. 4.4 - Proposta não transparente à transposição de areias com uma extensão longa (500 m). Ganhos prováveis a amarelo, perdas prováveis a azul

Já a proposta média (Fig. 4.5), com 300 metros aparenta ser mais equilibrada. Inicialmente estudada como perpendicular à marginal, cria ganhos bastante positivos do lado da praia Internacional tendo em conta a sua extensão, e perdas bastante reduzidas do lado da praia de Matosinhos.



Fig. 4.5 - Proposta não transparente à transposição de areias com uma extensão média (300 m). Ganhos prováveis a amarelo, perdas prováveis a azul

Uma vez que se mostrou ser das propostas apresentadas, a mais equilibrada, é a proposta que para esta dissertação, define a extensão aproximada do pontão em 300 metros.

Partindo do princípio em que a mais favorável será então a de extensão média, analisam-se agora propostas com duas direções diferentes da perpendicular à marginal. Considerando extremas as situações de 70° e 110° com a marginal de Matosinhos por se considerarem prejudiciais os impactos quando a estrutura faz um ângulo fora do intervalo mencionado, qualquer orientação dentro do intervalo terá também impactos intermédios quando comparados com os seus extremos.



Fig. 4.6 - Proposta totalmente não transparente com uma orientação a 70° com a marginal de Matosinhos. Ganhos previstos a amarelo, perdas previsíveis a azul

Analisando a imagem da estrutura com uma orientação a fazer um ângulo de 70° com a marginal da praia de Matosinhos (Fig. 4.6), pode concluir-se que esta tem aspetos mais positivos do que a proposta perpendicular à marginal, sobretudo por permitir uma maior abertura para o mar da praia Internacional, permitindo uma maior área para retenção das areias e não aumentando muito substancialmente a área de impactos negativos na praia de Matosinhos.



Fig. 4.7 - Proposta totalmente não transparente com uma orientação a 110° com a marginal de Matosinhos. Ganhos previstos a amarelo, perdas previsíveis a azul

Já a proposta da estrutura a fazer um ângulo de 110° com a marginal da praia de Matosinhos (Fig. 4.7), é perceptível que a abertura da praia Internacional é demasiado escassa, ficando pouca área para a retenção das areias, isto apesar de serem minimizados os impactos negativos na praia de Matosinhos. O facto de ter uma exposição demasiado confinada faz prever uma fraca propensão para a retenção das areias nesta praia.

Fica também então claro que a orientação mais favorável para uma estrutura totalmente não transparente será algures entre uma estrutura perpendicular à marginal e uma outra com uma orientação de 70° com a mesma.

4.2.4. PROPOSTAS MISTAS

Nas propostas mistas, são analisadas várias propostas com diferentes extensões da parte não transparente e diferentes orientações, mantendo como extensão máxima da estrutura a que foi considerada mais favorável no ponto anterior.

Começando a análise pelas propostas perpendiculares, são analisadas três extensões diferentes para a parte não transparente, 100, 150 e 200 metros, ou seja, $1/3$, $1/2$ e $2/3$ da extensão total.

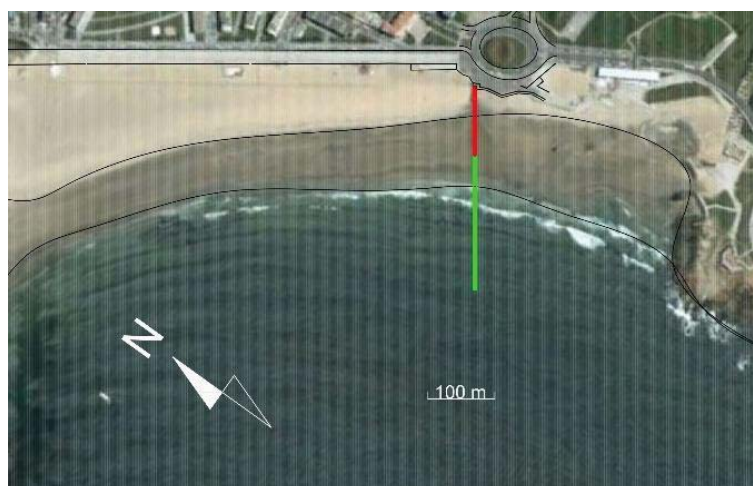


Fig. 4.8 - Proposta mista perpendicular à marginal, com parte não transparente a vermelho com uma extensão de 100 metros ($1/3$ da extensão total) e parte transparente a verde

No caso da proposta mista com uma extensão não transparente de 100 m, com uma orientação perpendicular à marginal (Fig. 4.8), facilmente se percebe que esta estrutura não influencia em nada a retenção das areias, funcionando praticamente como uma estrutura totalmente transparente. Tal como a proposta apresentada na Fig. 4.2, torna-se inútil para a retenção das areias uma estrutura do género com as características apresentadas, uma vez que não consegue acumular sólidos por não oferecer obstáculo na água aos mesmos.

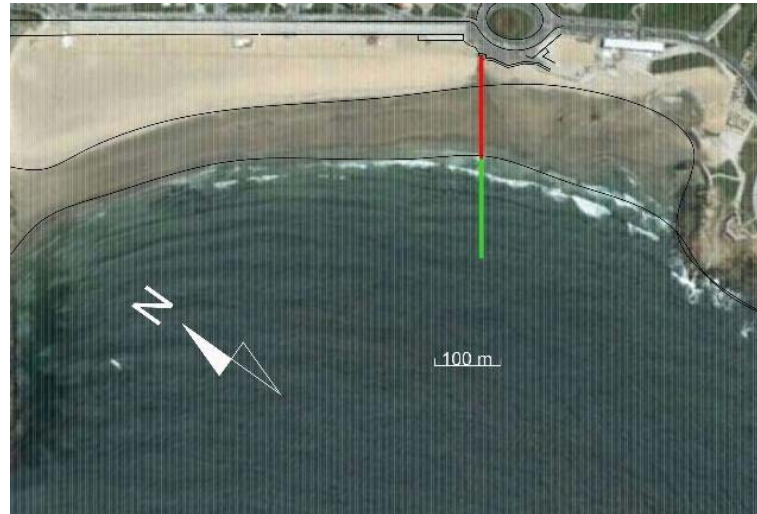


Fig. 4.9 - Proposta mista perpendicular à marginal, com parte não transparente a vermelho com uma extensão de 150 metros (1/2 da extensão total) e parte transparente a verde

A proposta mista com a mesma orientação, mas com uma extensão da parte não transparente de 150 m (Fig. 4.9), apenas consegue reter alguma areia na PMAV, o que dificulta mais uma vez a acumulação de material sólido na praia Internacional. Esta proposta acaba por trabalhar de forma semelhante à da Fig. 4.3, que se mostrou pouco útil para a função que se propõe.



Fig. 4.10 - Proposta mista perpendicular à marginal, com parte não transparente a vermelho com uma extensão de 200 metros (2/3 da extensão total) e parte transparente a verde. Ganhos prováveis a amarelo, perdas prováveis a azul

Já a proposta com dois terços de toda a extensão como parte sólida (Fig. 4.10), consegue reter bastantes sedimentos do lado da praia Internacional sem criar grandes prejuízos do lado da praia de Matosinhos.

Para as propostas com uma orientação a um ângulo de 70° com a marginal da praia de Matosinhos, tem-se também três extensões diferentes, com os mesmos 100, 150 e 200 metros.

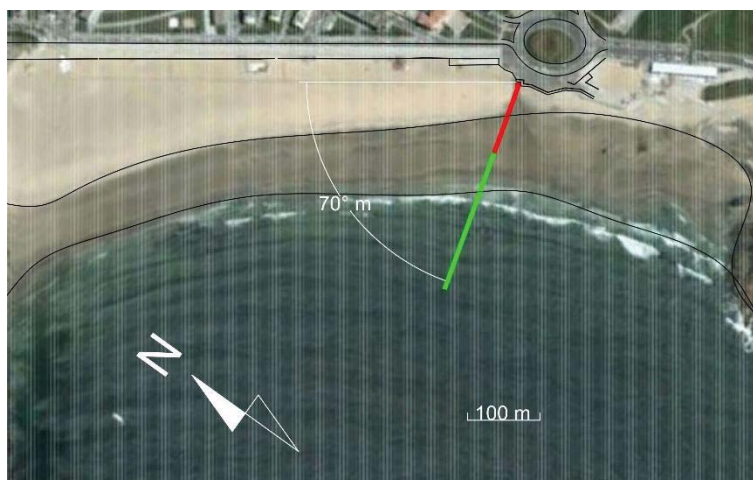


Fig. 4.11 - Proposta mista com orientação de 70° à marginal, com parte não transparente a vermelho com uma extensão de 100 metros ($1/3$ da extensão total) e parte transparente a verde

No caso da proposta 70° com a marginal onde a extensão da parte não transparente é um terço da extensão total da estrutura (Fig. 4.13), ou seja 100 metros, há mais uma vez um efeito semelhante à proposta onde é tudo transparente, pois não há efeito nenhum na dinâmica das areias da praia.



Fig. 4.12 - Proposta mista com orientação de 70° à marginal, com parte não transparente a vermelho com uma extensão de 150 metros ($1/2$ da extensão total) e parte transparente a verde

Praticamente o mesmo acontece à proposta onde a extensão da zona transparente é igual à da zona não transparente (Fig. 4.12), pois a zona não transparente acaba sensivelmente na linha de baixa-mar. Novamente apenas em PMAV há alguma retenção de areias, sendo esse volume praticamente desprezável.

No entanto, quando se analisa a proposta onde dois terços da extensão (200 metros) são não transparentes (Fig. 4.13), tem-se um acréscimo bastante positivo no lado da praia Internacional, e no lado da praia de Matosinhos os aspetos negativos são minimizados devido à estrutura não ser não transparente em toda a sua extensão.



Fig. 4.13 - Proposta mista com orientação de 70° à marginal, com parte não transparente a vermelho com uma extensão de 200 metros (2/3 da extensão total) e parte transparente a verde. Ganhos prováveis a amarelo, perdas prováveis a azul

Assim, é possível após as análises efetuadas, selecionar com alguma coerência a proposta mais favorável. Fazendo a respetiva verificação, a última que foi tratada (Fig. 4.13), parece ser a mais equilibrada e a que vai mais de encontro ao necessário para o troço de costa que está a ser estudado. Assim, fixam-se alguns dos seus parâmetros para continuar a conceção da estrutura, dos quais se destacam:

- Extensão total: 300 metros
- Extensão da parte não transparente: 200 metros
- Orientação: 70° com a marginal da praia de Matosinhos

Não deixará no entanto de ser necessário, em fases posteriores do desenvolvimento do projeto, da realização de estudos com modelação física e numérica para aperfeiçoar a solução e validar as que são apresentadas nesta dissertação.

4.3. PROPOSTAS PARA A MOBILIDADE DE PESSOAS E VEÍCULOS

As propostas para a mobilidade de pessoas e veículos influenciam, sobretudo, a largura útil da estrutura e a forma do corpo e cabeça da mesma. A largura útil é influenciada porque é necessário que esta seja suficiente para a passagem de um veículo de emergência ou para haver facilidade de locomoção das pessoas. Pela mesma razão, as formas da estrutura também estão envolvidas, sendo de evitar mudanças de orientação ou altura demasiado pronunciadas que dificultem a mobilidade dos elementos mencionados.

4.3.1. ASPETOS TÉCNICOS E REGULAMENTARES

A mobilidade de pessoas e veículos tem vários aspetos regulamentares que devem ser respeitados, inclusive em estruturas muito especiais como a que é retratada nesta dissertação. A importância da mobilidade tem tido cada vez maior peso nos projetos e estudos de conceção, onde são fortemente fundamentadas com regulamentos diversos, por um lado, e por códigos de conduta como o código da estrada, por outro. Assim, a conceção com vista à mobilidade pedonal e de veículos tem de ir ao encontro de algumas bases para que seja satisfeita esta vertente funcional.

Para além do estudo em planta, tem que haver uma especial atenção ao estudo em perfil longitudinal, onde se prevê que a cota na cabeça da estrutura seja ligeiramente superior à cota de arranque da estrutura. Por essa razão surgem dúvidas de como deve ser feito esse disfarce, quer por questões de mobilidade, quer por questões técnicas como a facilidade de execução.

4.3.2. PROPOSTAS PARA A MOBILIDADE DE PESSOAS

A proposta tendo em consideração a mobilidade pedonal ou de veículos não motores como bicicletas, patins, *skates* ou similares, pressupõe três aspetos principais. O primeiro seria o acesso à estrutura a partir da conhecida 'Rotunda da Anémona', com a cota de lançamento da plataforma do pontão/esporão coincidente com a plataforma da rotunda. Um outro aspeto é a mobilidade das pessoas a partir da praia, mais concretamente do areal. A passagem entre a praia Internacional e a praia de Matosinhos, ou vice-versa, não pode ser interrompida. Assim, torna-se também necessário que haja a possibilidade de transpor a estrutura a partir do areal. Por fim, é necessário que a estrutura tenha largura suficiente para que possa haver mobilidade pedonal em toda a sua extensão, tendo em conta eventuais colocações de mobiliário urbano que possam estrangular a passagem.

Tendo em consideração estes pontos, criou-se uma proposta que visa responder às necessidades da mobilidade pedonal, sustentando-se em três pressupostos. O primeiro, a cota de lançamento da plataforma da estrutura é a mesma que a da zona da 'Rotunda da Anémona', de forma a permitir um livre acesso à estrutura sem qualquer entrave. O segundo, é a criação de cada um dos lados da estrutura, de rampas de acesso à cota superior da estrutura através do areal, permitindo a transposição da mesma, quer num sentido quer no outro. Num caso mais minimalista, poder-se-á utilizar apenas rampa de um dos lados. Por último, mas não menos importante, a criação de uma abertura na zona não transparente da estrutura, para que o acesso de uma praia à outra seja garantido à cota baixa.

Assim, na Fig. 4.14 está uma proposta para a conjugação dos três fatores, com a cota de arranque igual à da rotunda, a passagem superior e a rampa de acesso.



Fig. 4.14 - Rampa de acesso e passagem inferior ao nível do areal

4.3.3. PROPOSTAS PARA A MOBILIDADE DE VEÍCULOS

A elaboração das propostas considerando a mobilidade de veículos prevê, segundo o enunciado no ponto 114.1, uma influência na forma e largura do corpo e da cabeça da estrutura. Partindo do princípio que os únicos veículos a circular na estrutura serão eventuais veículos de emergência médica, parte-se de uma largura mínima de aproximadamente três metros (Costa, A.H.P.d. and Macedo, J.M.G., 2008), que rapidamente passa para 5 metros para garantir uma circulação mais livre, quer dos eventuais veículos, quer dos peões que deverão circular pela estrutura e, já garantindo algum espaço para mobiliário urbano.

Os únicos entraves criados relativamente à forma da cabeça e do corpo da estrutura são a criação de uma zona onde seja possível fazer a inversão da marcha do veículo de emergência em segurança, e a forma da estrutura não ser demasiado recortada de modo a que não dificulte a sua circulação.

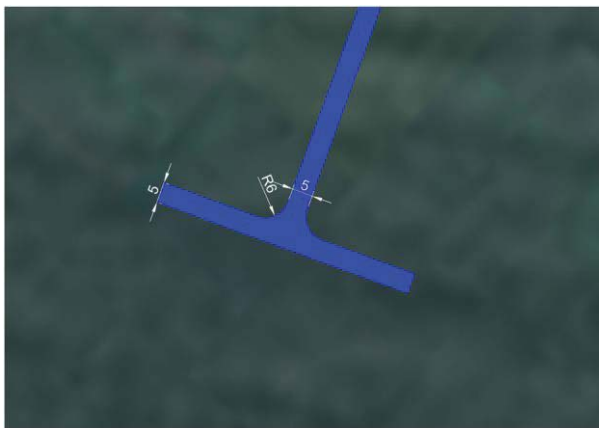


Fig. 4.15 - Proposta com bifurcação tendo em consideração a mobilidade de veículos

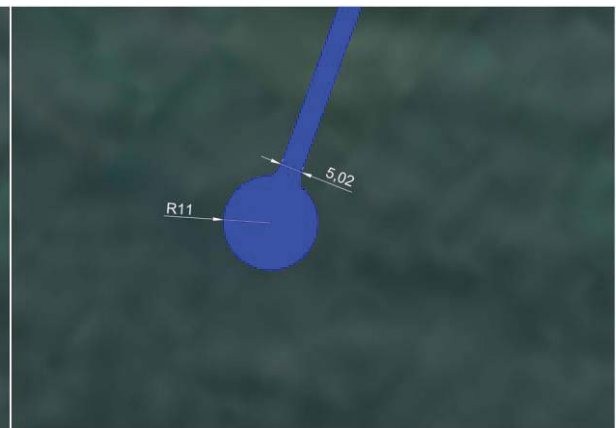


Fig. 4.16 - Proposta com cabeça circular tendo em consideração a mobilidade de veículos

Assim, nas Fig. 4.15 e Fig. 4.16 apresentam-se duas propostas possíveis para as cabeças da estrutura. Na primeira, uma proposta que considera uma bifurcação, permitindo a qualquer veículo conseguir inverter a marcha na zona de cruzamento entre os dois alinhamentos. Na segunda figura, está uma proposta com uma cabeça circular, com raio de 11 metros, que permite ainda com maior facilidade a circulação e inversão de marcha do veículo de emergência. De notar também que, em ambos os casos, o corpo do pontão é reto e com uma largura constante de 5 metros.

4.4. PROPOSTAS PARA O EMISSÁRIO DA RIBEIRA

A ribeira da Riguinha e Carcavelos é a junção das duas ribeiras que lhe dão nome. Ambas nascem na freguesia da Senhora da Hora (CMM) e encontram-se praticamente na sua totalidade canalizadas. Apesar dos diversos esforços para ‘desencanar’ ribeiras na região do Porto e de Matosinhos, estas têm sido de difícil acesso devido ao seu curso natural passar por zonas urbanas densas que impossibilitam qualquer tipo de operação de abertura das ribeiras. Felizmente, a desembocadura da ribeira está livre e é uma das poucas zonas a descoberto, o que permite um melhor tratamento desta zona numa situação de construção de uma estrutura como a apresentada nesta dissertação. Por outro lado, apesar de uma melhoria que se verifica na qualidade das águas da ribeira, subsistem problemas de contaminação difícil

resolução que põem em causa a qualidade das águas balneares, particularmente se a descarga se efetua na praia.

4.4.1. ASPETOS TÉCNICOS E REGULAMENTARES

Sendo uma ribeira canalizada numa estrutura com aproximadamente 1 m de diâmetro, as principais questões técnicas a respeitar tendo em consideração situações de aumento espontâneo de caudal que são conhecidas são a não estrangulação da passagem da água. Assim, para este trabalho considerou-se uma secção consideravelmente maior que a original, mas com uma configuração do leito que permita alguma autolimpeza para vários caudais possíveis. Esta autolimpeza é garantida através de uma zona mais estreita que permita uma velocidade de escoamento maior para caudais mais pequenos. Por outro lado, quando o caudal é maior, esta secção é transbordada e a água ocupará a largura livre total da estrutura.

Quanto à extensão da nova zona canalizada, conclui-se que esta terá muito menos importância do que foi idealizado inicialmente. Isto porque qualquer que seja a sua extensão, haverá sempre uma zona mais crítica que será aquela em que a água da ribeira encontra a água do mar, e essa secção será sempre, fruto de condicionantes da parte da retenção de areias, uma zona não transparente às areias e por isso mesmo uma zona onde a ribeira ainda estará contida.

4.4.2. PROPOSTA PARA O EMISSÁRIO

Partindo para a proposta concreta, apresentada na Fig. 4.17, podem verificar-se as componentes técnicas enumeradas no ponto 4.4.1. A secção transversal é uma secção tipo, mas a largura e altura livre (interior) da estrutura devem ser mantidas, pelo menos aproximadamente. Toda a envolvente da proposta não está sequer cotada para evitar fixar parâmetros desnecessários que possam ser modificados no desenrolar da conceção da estrutura.

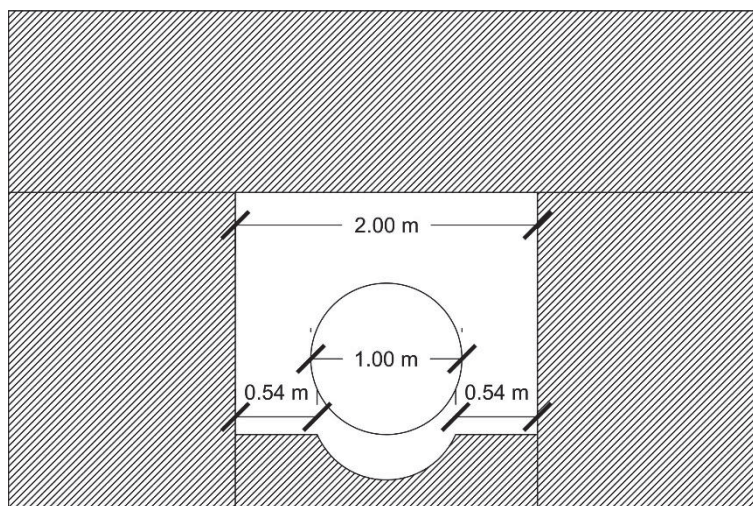


Fig. 4.17 - Corte ilustrativo da secção para o emissário da ribeira

4.5. PROPOSTAS PARA DESPORTOS AQUÁTICOS E ATIVIDADES LÚDICAS

Os desportos náuticos e outras atividades lúdicas comuns como passeios à beira mar são um hábito presente nos frequentadores das praias de Matosinhos e Internacional. Por essa mesma razão um dos aspetos importantes da conceção da estrutura é a integração destes hábitos com a mudança que a construção desta acarreta para a sociedade local. Assim, tornou-se claro que algo deveria ser pensado para melhorar as condições dos desportos praticados na praia, com especial destaque para o surf e similares, que são sem dúvida os mais comuns. No entanto, não se podem desleixar das restantes funções da praia, nem da garantia de colocação de mobiliário urbano adequado à situação, para permitir umas seguras e confortáveis práticas de atividades, tais como a pesca lúdica ou um simples passeio à beira mar.

4.5.1. ASPETOS TÉCNICOS

Os desportos náuticos, com especial destaque para o surf e similares que são os desportos do género que mais se praticam nas praias de Matosinhos e Internacional, são favorecidos pela existência de fenómenos de difração e refração das ondas, que são provocados pela presença de obstáculos ao seu percurso natural.

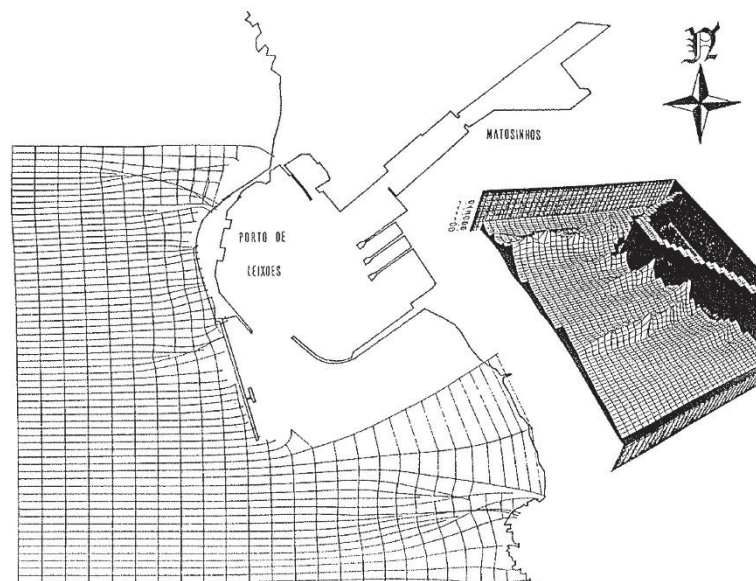


Fig. 4.18 – Fenómenos de refração na zona em estudo (Veloso-Gomes, F., 1995)

A refração das ondas marítimas (Fig. 4.18) na verdade têm uma certa analogia à refração das ondas que é analisado na Física clássica, onde no contacto da onda com um diferente meio há uma certa adaptação, que se traduz numa mudança de direção, ao novo meio. No caso das ondas marítimas, esta adaptação ocorre quando as ondas encontram fronteiras sólidas como formas no fundo, barreiras de coral, cabos, quebramares, esporões ou outras estruturas, humanizadas ou não.

A difração é um fenómeno de transferência lateral de energia entre a crista das ondas e o obstáculo que esta tenta ultrapassar (Fig. 4.19). Este fenómeno evidencia-se fisicamente com uma certa paralelização entre a crista da onda e o obstáculo a ultrapassar, alterando a forma da própria onda.

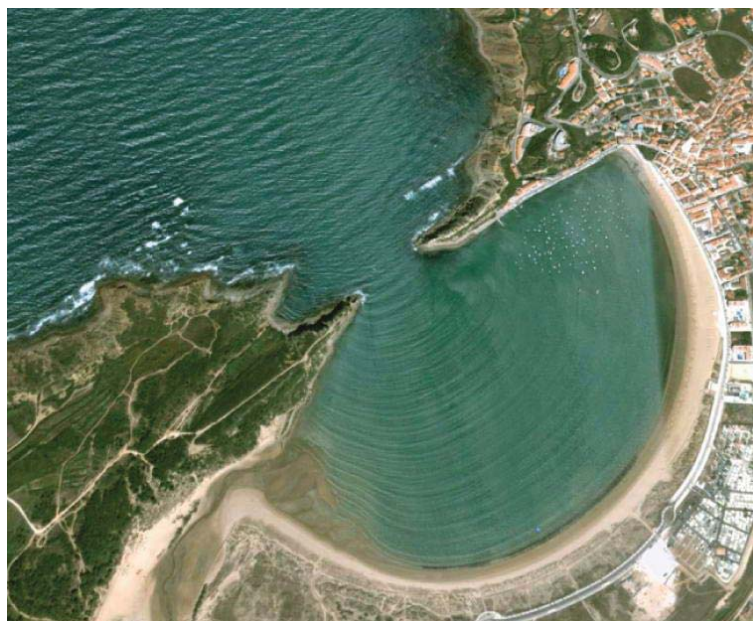


Fig. 4.19 - Fenómeno de difração em S. Martinho do Porto (Google Earth 2014)

Para ter uma melhor perceção do que acontece no local, na Fig. 4.20 está uma aproximação dos fenómenos acima referidos no próprio local de estudo, enfatizando todo o impacto que uma estrutura/obstáculo à natural propagação das ondas cria na ondulação.

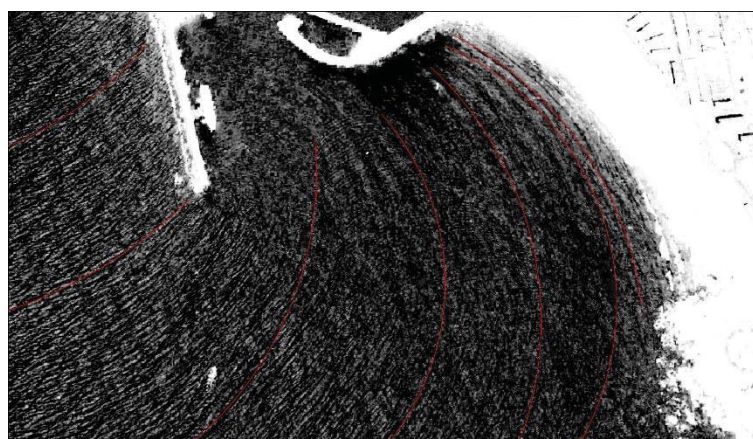


Fig. 4.20 - Exemplo onde são evidentes os fenómenos de difração e refração (Adaptado de Google Earth)

Assim, naturalmente que o objetivo da estrutura para tratar esta função será sempre o de criar um obstáculo às ondas que permita criar estes fenómenos explicados em cima.

4.5.2. PROPOSTAS PARA O DESPORTO DO SURF

Já evidente a importância do desporto do surf para os utilizadores da praia de Matosinhos, assim como as componentes técnicas do que pode ser feito para favorecer o desporto em si, partiu-se para a criação de propostas que vão de encontro a estas necessidades, com maior incidência na forma da cabeça da estrutura. Naturalmente que esta terá que criar um impedimento à água suficientemente grande para ter alguma influência, tendo em conta a diferença de escalas entre a estrutura e a praia. Isto quer dizer que quanto maior for a barreira criada pela estrutura, maior será o impacto na criação de refrações e difrações.

No entanto, como já foi referido anteriormente, a zona da ponta da estrutura será transparente, logo não irá oferecer nenhuma resistência à água nem criará qualquer refração ou difração por si só (exceto nos pilares, mas que será residual). Assim, o sugerido para este caso será uma de duas situações possíveis. A primeira será a fixação de painéis pré-fabricados aos pilares (Fig. 4.21), ainda que na zona submersa, de forma a criar os fenómenos desejados sem comprometer a transparência visual que é importante para a melhor aceitação da estrutura pela sociedade.

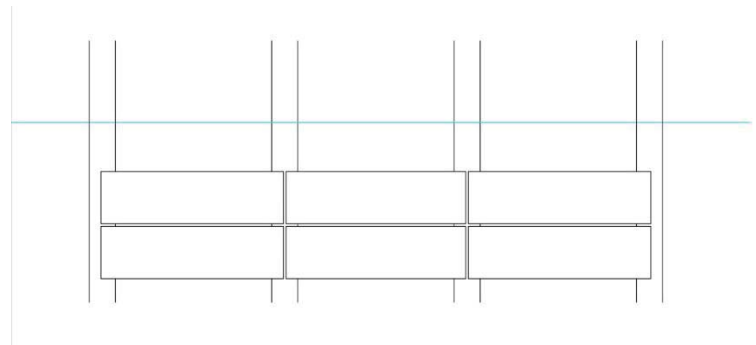


Fig. 4.21 - Proposta para criação de fenómenos de difração e refração através de painéis pré-fabricados

Uma outra alternativa, que recorre à mesma lógica de criação de uma barreira submersa, pode passar pela criação de uma zona em taludes, nos pés dos pilares, igualmente submersos (Fig. 4.22). Assim, não descuidando os aspetos visuais pode conseguir-se criar os fenómenos a que este trabalho se propõe para a prática de desportos aquáticos como o surf.

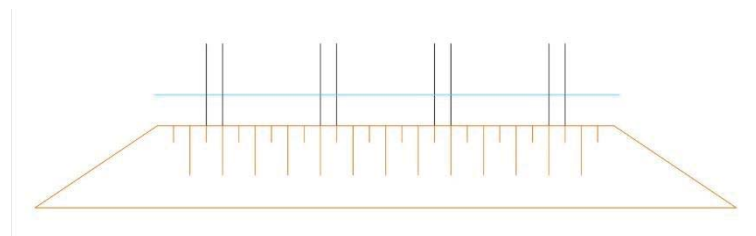


Fig. 4.22 - Proposta para criação de fenómenos de difração e refração através de taludes nos pés dos pilares (blocos de enrocamento ou em betão)

4.5.3. PROPOSTAS LÚDICAS E DE MOBILIÁRIO URBANO

Talvez a componente que mais impacto terá na sociedade e economia local, as atividades lúdicas e a sua interação com o mobiliário urbano a disponibilizar na estrutura trazem alguma interatividade entre os habitantes e frequentadores de ambas as praias e a estrutura em estudo nesta dissertação. Entenda-se primeiramente como atividades lúdicas a prática de atividades balneares, a utilização da estrutura como continuação e complemento da faixa pedonal da atual marginal de Matosinhos, que permite um passeio e uma perspetiva bastante diferentes das praias de Matosinhos e Internacional ao longo da extensão da estrutura ou eventos diversos.

No âmbito da prática de atividades balneares, a estrutura permite uma diversificação da oferta da zona, permitindo a utilização da mesma como ponto de acesso ao mar numa zona com uma profundidade maior. Pela mesma razão, o acesso dos nadadores salvadores fica favorecido nas imediações da estrutura, permitindo uma maior área de atuação e uma maior rapidez em caso de emergência. Desde 2008, a legislação define como raio máximo de atuação de um nadador salvador 100 metros que, no caso de ser apenas uma frente de praia dessa dimensão ou maior, esse raio deve ser mais pequeno, com apenas 50 metros (DL 118/2008). Uma vez que na zona que é abordada nesta dissertação há duas frentes, compostas pela praia de Matosinhos e pela praia Internacional, dificilmente se deve ter menos que um nadador salvador por cada 50 metros de praia. Ainda assim, tendo em conta os aproximadamente 300 metros de extensão da estrutura, a frente disponível para a vigia da praia é bastante razoável, podendo mesmo facilitar operações de salvamento a banhistas ainda que estes se encontrem a mais de 50 metros da estrutura ou, sobretudo, quando se encontram a uma distância tal do areal que justifique o acesso ao mar através do pontão. Segundo esta informação, na Fig. 4.23 representa-se a área de atuação de um nadador salvador colocado sobre a estrutura para uma distância coberta de 50, 100 e 150 metros, para o caso de se justificar o acesso ao mar através da plataforma da estrutura, ou utilizando uma mota de água.



Fig. 4.23 - Área de atuação de um nadador salvador posicionado numa estrutura do tipo da que está a ser estudada nesta dissertação.

A verde, faixa dos 50 metros. A laranja faixa dos 100 metros. A vermelho a faixa dos 150 metros.

Como é visível na Fig. 4.23, a área de atuação através da estrutura é bastante alargada tendo como base a dimensão das praias e permite um rápido acesso a determinadas zonas, sobretudo mais longe do areal, que não seriam acedidas com tanta facilidade de outra forma que não a utilização do pontão.

Para além da prática balnear, também a colocação de mobiliário urbano tem especial interesse para os possíveis frequentadores da estrutura como complemento da zona de lazer em que se insere. Naturalmente que a presença de zonas onde seja possível descansar e a iluminação têm que estar presentes, no entanto o mobiliário não deverá ser nunca frágil e deve garantir a maior durabilidade tendo em consideração as fortes solicitações a que será sujeito. Como é conhecido, facilmente o mar poderá galgar a estrutura, portanto impera que quaisquer que sejam as sugestões para o mobiliário urbano, este deverá ser seguro e suficientemente robusto para não ser destruído quando a estrutura for inundada pelas tempestades. Por esta mesma razão, o que o autor desta dissertação sugere para a questão das zonas de descanso é o aproveitamento da continuidade da marginal prolongando também os muros da mesma que atualmente servem de assento a muitas das pessoas que se passeiam pela praia de Matosinhos. Estes podem ser inspirados ou semelhantes aos muros originais da marginal de Matosinhos (Fig. 4.24 e Fig. 4.28) ou ter uma forma mais ousada e elegante inspirada em elementos da paisagem em redor (Fig. 4.25).

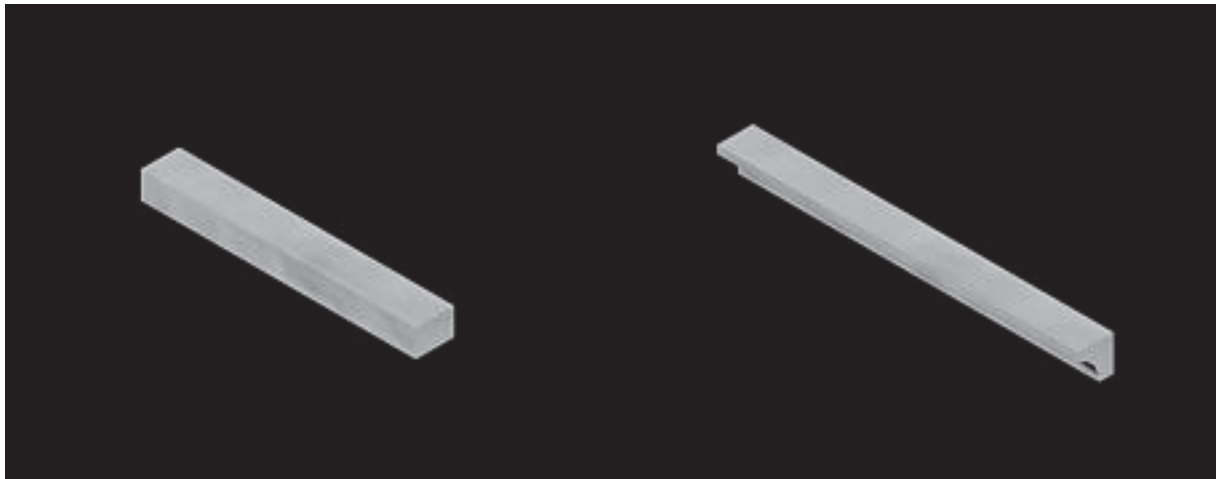


Fig. 4.24 – Muro/banco com a forma de um paralelepípedo em betão, semelhante ao da marginal mas apenas em betão (sem revestimento de granito)

Fig. 4.25 – Muro/banco inspirado nos cabeços de amarração de um cais

Na iluminação, pelas mesmas razões enumeradas anteriormente, propõe-se que as luminárias não sejam as tradicionais de pé, mas sim encastradas diretamente no chão, ou seja, na superestrutura do pontão. Na Fig. 4.26 está patente um exemplo de um desses tipos de iluminação.



Fig. 4.26 - Lanterna de encastrar no chão

Uma outra maneira de garantir a iluminação poderá ser a colocação de lanternas encastradas no próprio muro da estrutura, aproveitando o próprio para garantir a proteção das lâmpadas em diversas situações (Fig. 4.27).



Fig. 4.27 - Lanterna de encastrar no muro

A proteção da via pública da estrutura, necessário para uma correta proteção contra eventuais quedas, deve ser esbelto e integrar-se perfeitamente na paisagem. Tendo em conta a ideia já referida de continuidade idealizada entre a marginal de Matosinhos e a estrutura, a solução híbrida banco/muro continua a parecer a mais adequada (Fig. 4.28).



Fig. 4.28 - Muro da Marginal de Matosinhos

O aproveitamento da estrutura para a sua utilização com fins lúdicos pode ser uma excelente adição às funcionalidades, por isso mesmo torna-se importante garantir alguma flexibilidade. Tendo em conta a sua largura razoável era interessante equipar o pontão com características que permitam a sua utilização para diversos eventos como pequenas feiras, formações ou outros eventos que permitam usufruir da posição destacada da estrutura em relação à praia. Essas utilizações podem ser garantidas simplesmente através da utilização de estruturas metálicas (Fig. 4.29 e Fig. 4.30) que poderiam ser montadas/desmontadas conforme a sua utilização, garantindo que a estrutura esteja igualmente protegida de eventuais acidentes nos invernos. Estes equipamentos metálicos apenas teriam que ser encastrados na estrutura, através de pequenos orifícios que podem ser preparados na construção do pontão. Assim, adicionar-se-ia à estrutura proposta uma funcionalidade que, sendo ela sazonal devido

às condições climáticas adversas nos invernos portugueses, acrescentaria mais algum potencial a ser explorado futuramente.

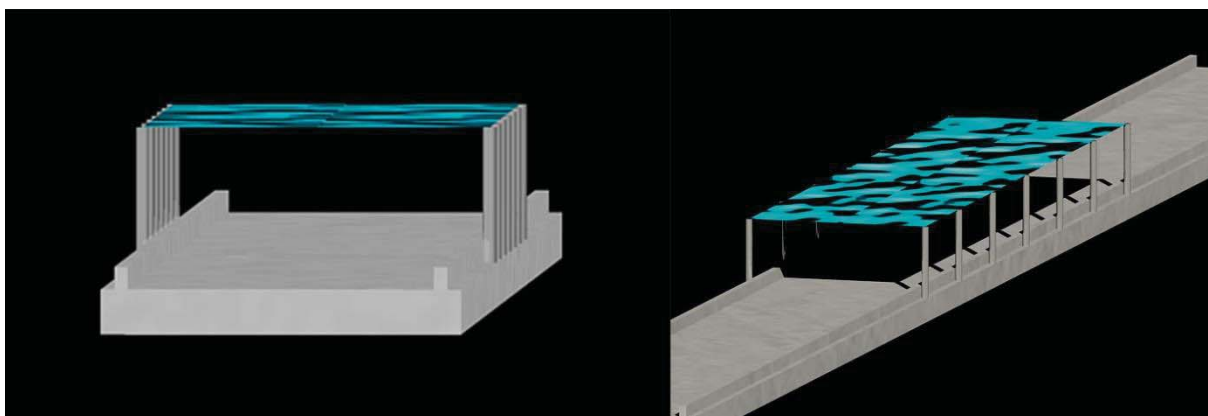


Fig. 4.29 - Exemplo de estrutura metálica para criação de uma cobertura com sombra para a realização de diversas atividades lúdicas

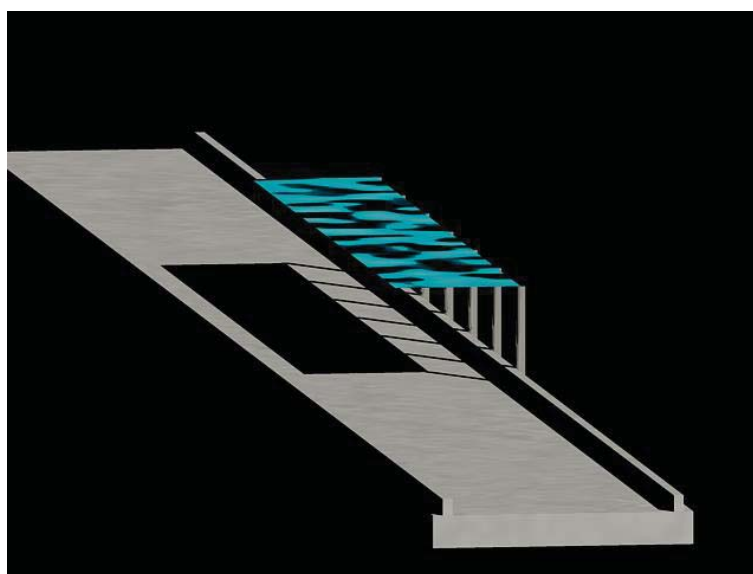


Fig. 4.30 - Estrutura metálica apenas de um dos lados da estrutura

4.5.4. INTEGRAÇÃO DA ESTRUTURA NA PAISAGEM

Uma importante vertente da conceção da estrutura passa pela integração paisagística da mesma. O facto da zona em estudo ter vários elementos notáveis (Fig. 4.31) como o Castelo do Queijo, o edifício ‘transparente’, a rotunda da ‘anêmona’, a marginal de Matosinhos, o Centro de Interpretação Ambiental, o novo terminal de cruzeiros, os molhes do porto de Leixões e a própria praia de Matosinhos, influencia a maneira como a estrutura se insere na paisagem, tendo que estar em perfeita harmonia com o ambiente.

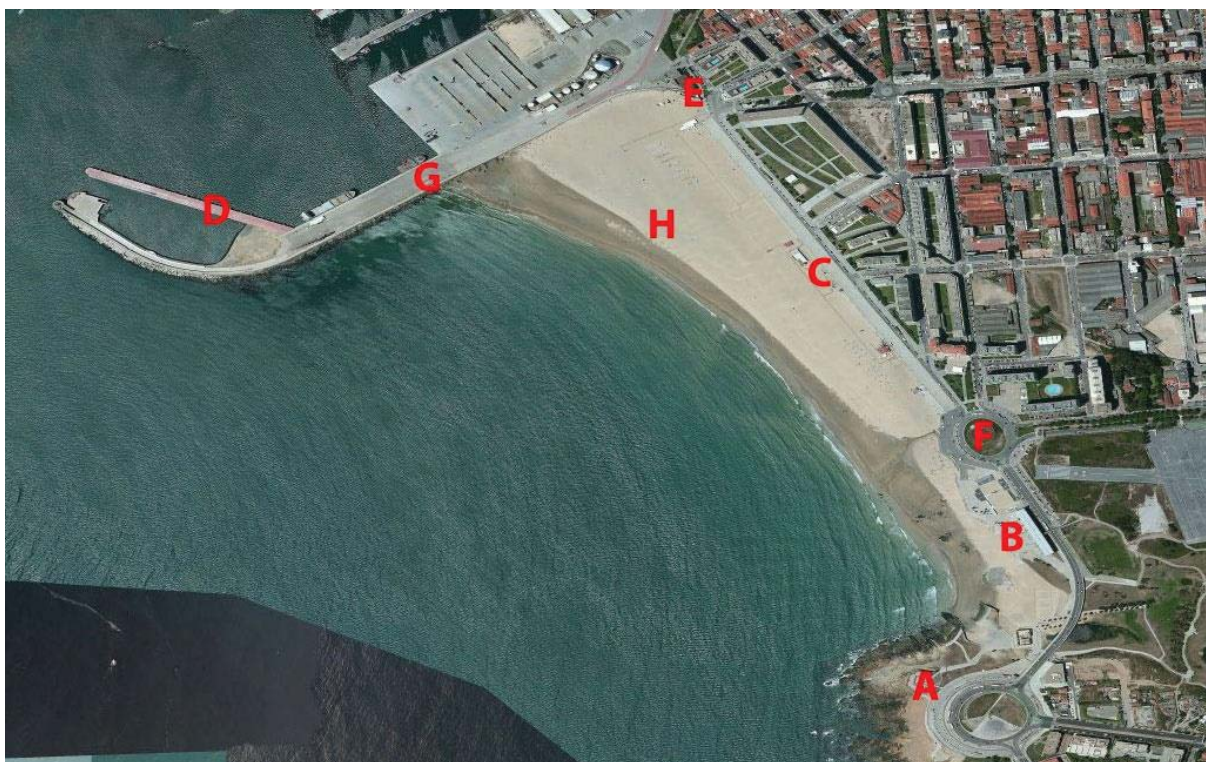


Fig. 4.31 - Elementos notáveis na praia de Matosinhos e praia Internacional. (A) - Castelo do Queijo; (B) – Edifício ‘Transparente’; (C) – Marginal de Matosinhos; (D) – Novo cais do terminal de cruzeiros; (E) – Centro de Interpretação Ambiental; (F) – Rotunda da ‘Anêmona’; (G) – Quebramares do porto de Leixões; (H) – areal da praia de Matosinhos e praia Internacional

Todos estes elementos notáveis têm uma certa influência na maneira como deve interagir a estrutura que é estudada nesta dissertação com o ambiente em redor. O maior desafio nesta parte do trabalho vem então da criação de uma estrutura com uma forma, personalidade e elegância que, sem descuidar as outras funções, respeite alguns dos traços da paisagem e se integre harmoniosamente numa das zonas mais urbanizadas do país.

Mais do que alguns traços, também a presença da estrutura na paisagem deve ser minimizada, isto é, deve ser uma estrutura esbelta e elegante, que não se torne demasiado pesada na paisagem.

Outra preocupação relevante é a passagem da zona não transparente para a zona transparente, que corresponde à passagem de uma secção sólida para uma secção em pilares, que deve ser uma transição suave, algures entre o linear e a hipérbole. O impacto visual no areal, deve ser trabalhado de forma a minimizar o efeito de parede que trás uma ideia negativa da estrutura numa primeira impressão. Este efeito de parede pode ser ultrapassado com a conjugação de contrastes, através de diferentes materiais da ‘pele’ da estrutura ou com uma aleatoriedade de relevos na face do pontão, tal como apresentado na Fig. 4.32.

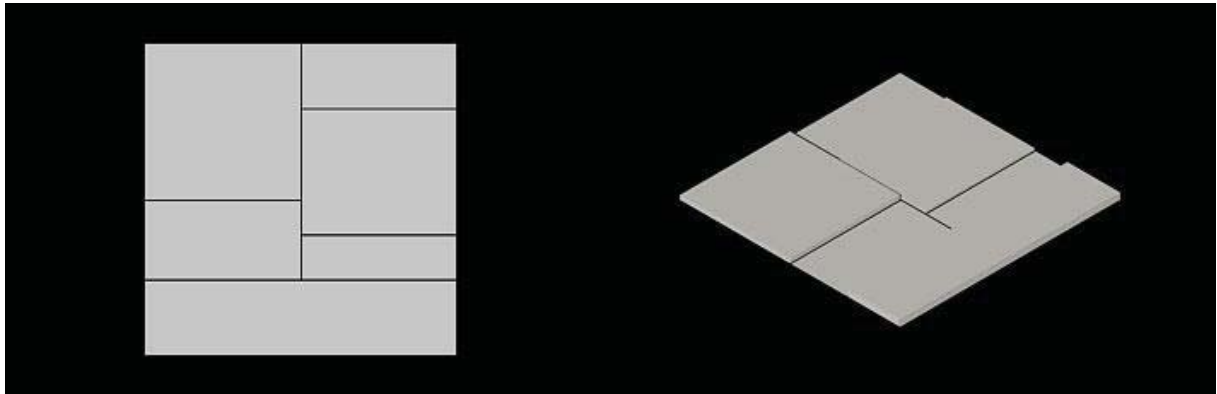


Fig. 4.32 - Aspeto de uma zona em betão com saliências e reentrâncias

Pela mesma razão a definição dos pilares que, não descuidando a segurança necessária para a estrutura, pode variar a forma ou inclusive o número de pilares por secção. Se a secção transversal da estrutura apresentar dois pilares, cria-se um sistema em pórtico tradicional e bastante comum na Engenharia. No entanto, se for utilizada uma secção de apenas um pilar, parte do tabuleiro da zona não transparente estará numa, não menos tradicional, consola. A nível estrutural terá diferenças consideráveis, no entanto o impacto paisagístico que uma situação ou outra cria tem também diferenças bastante notórias. Na Fig. 4.33 estão alguns dos pilares que foram considerados nesta dissertação, desde as formas mais tradicionais a formas mais inovadoras.



Fig. 4.33 – Alternativas consideradas na concepção dos pilares da estrutura

Depois da definição dos pilares, é necessário iniciar a concepção da estrutura integrando-a no ambiente em redor, dando especial destaque ao enquadramento urbano necessário tendo em consideração todos os aspetos já referidos ao longo do estudo.

Na definição dos traços a respeitar, rapidamente se percebe que há um alinhamento, em planta, com uma expressão muito forte que marca desde logo uma orientação, aproximada das já estudadas anteriormente, para o início da conceção da estrutura neste aspeto. Este eixo, chamado neste trabalho de 'eixo da circunvalação', tem a orientação da chegada da Estrada da Circunvalação à Rotunda da 'Anêmona' (Fig. 4.34), é extremamente útil para a definição final da orientação da estrutura tendo em conta o seu contexto no território.



Fig. 4.34 - Enquadramento da orientação do 'Eixo da Circunvalação' na praia que faz um ângulo próximo de 70° com a marginal de Matosinhos

Sendo o local do arranque da estrutura uma condição definida pela desembocadura da ribeira da Riguinha e Carcavelos, o arranque da posição exata definida pelo 'Eixo da Circunvalação' torna-se impossível. No entanto, este eixo nunca deixa de ser referência, e os trabalhos foram desenvolvidos com a mesma orientação, mas com o enraizamento da estrutura no ponto inicial obrigatório.

Uma vez que há a impossibilidade de fazer o arranque da estrutura a partir do eixo referido, optou-se por integrar a estrutura através de uma leve curvatura que suaviza a diferença do planeamento urbano da zona e confere uma forma mais elegante à estrutura. Assim, cria-se uma estrutura com uma curvatura do intradorso diferente da do extradorso, como apresentado na Fig. 4.35, que cria uma área alargada no corpo do pontão, quase como uma praça.

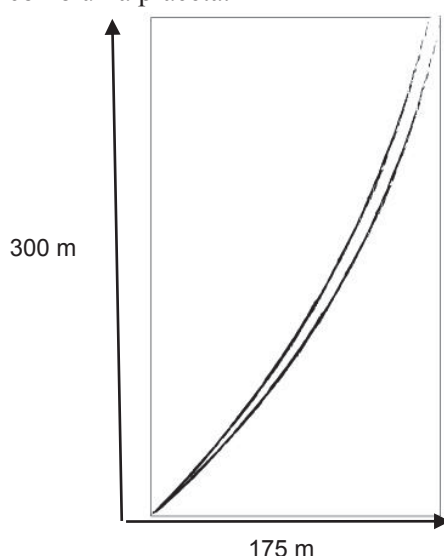


Fig. 4.35 - Figura ilustrativa das curvaturas do intradorso e extradorso da estrutura

De seguida, da necessidade de criar um segundo braço à estrutura que possibilite a funcionalidade pretendida no surf e o espaço suficiente para a inversão de marcha de veículos, nasce um segundo elemento curvado para o lado da praia Internacional, mais pequeno e menos extenso que o principal (Fig. 4.36), que enquadra a estrutura na paisagem através de dois tramos com aparência livre e esbelta.

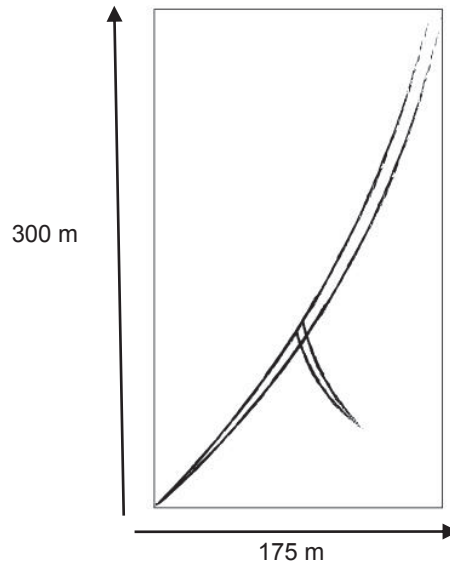


Fig. 4.36 - Representação do esboço das curvaturas dos dois braços da estrutura

Numa análise arquitetónica mais clássica, facilmente se percebe a conceção da forma da estrutura através de uma subtração de áreas a um espaço definido pelos extremos da figura, tal como representado na Fig. 4.37. Este enquadramento garante uma proporcionalidade inicial adequada da estrutura.

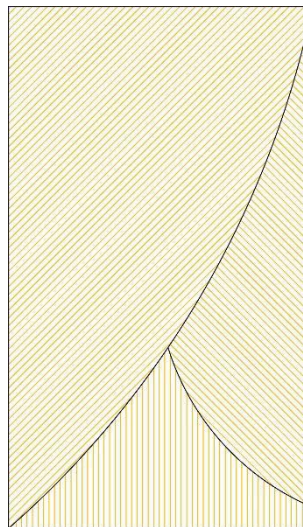


Fig. 4.37 - Esquema que exemplifica a subtração de áreas no enquadramento da estrutura

4.6. PROPOSTAS MULTIFUNCIONAIS

Depois de feitas análises a todas as funções, surge a necessidade de conjugar todas elas numa única proposta que considere todos os pontos fortes e fracos das propostas trabalhadas. Para começar, no Quadro 4.2 está sintetizada a informação de todas as propostas feitas até esta secção da dissertação, que ajudará a compreender melhor a abordagem do autor deste trabalho na conceção da estrutura a que se propôs. Tendo em conta a conceção por partes que foi feita, naturalmente que apenas foram correspondidas as funções definidas em cada secção, no entanto permite uma aclaração e pré-selecção de quais as melhores propostas para trabalhar ou, pelo contrário, quais as que não interessam continuar a desenvolver.

Quadro 4.2 - Quadro resumo das propostas elaboradas

Propostas	Descrição	Designação da proposta	Funções correspondidas					
			Retenção de areias	Mobilidade Pedonal	Mobilidade de veículos de emergência	Desembocadura da ribeira	Desportos náuticos	Integração paisagística
Areias	Proposta transparente à transposição de areias	A	Não	-	-	-	-	-
	Proposta totalmente não transparente à transposição de areias com extensão de 150 m e perpendicular à marginal de Matosinhos	B	Não	-	-	-	-	-
	Proposta totalmente não transparente à transposição de areias com extensão de 300 m e perpendicular à marginal de Matosinhos	C	Sim	-	-	-	-	-
	Proposta totalmente não transparente à transposição de areias com extensão de 500 m e perpendicular à marginal de Matosinhos	D	Sim	-	-	-	-	-
	Proposta totalmente não transparente à transposição de areias com extensão de 300 m e com um ângulo de 70°	E	Sim	-	-	-	-	-

à marginal de Matosinhos								
Proposta totalmente não transparente à transposição de areias com extensão de 300 m e com um ângulo de 100° à marginal de Matosinhos	F	Sim	-	-	-	-	-	-
Proposta mista com extensão de 300 m, perpendicular à marginal de Matosinhos e com extensão da zona não transparente de 100 m	G	Não	-	-	-	-	-	-
Proposta mista com extensão de 300 m, perpendicular à marginal de Matosinhos e com extensão da zona não transparente de 150 m	H	Sim	-	-	-	-	-	-
Proposta mista com extensão de 300 m, perpendicular à marginal de Matosinhos e com extensão da zona não transparente de 200 m	I	Sim	-	-	-	-	-	-
Proposta mista com extensão de 300 m, com um ângulo de 70° à marginal de Matosinhos e com extensão da zona não transparente de 100 m	J	Não	-	-	-	-	-	-

	Proposta mista com extensão de 300 m, com um ângulo de 70° à marginal de Matosinhos e com extensão da zona não transparente de 150 m	K	Sim	-	-	-	-	-
	Proposta mista com extensão de 300 m, com um ângulo de 70° à marginal de Matosinhos e com extensão da zona não transparente de 200 m	L	Sim	-	-	-	-	-
Mobilidade	Proposta com cabeça da estrutura circular	M	-	Sim	Sim	-	-	-
	Proposta com cabeça da estrutura perpendicular ao corpo	N	-	Sim	Sim	-	-	-
Emissário	Proposta da secção transversal do canal	O	-	-	-	Sim	-	-
Desportos Náuticos e Atividades Lúdicas	Proposta de condições para a cabeça da estrutura para criar fenómenos de difração e refração	P	-	-	-	-	Sim	-
Integração Paisagística	Proposta com curvatura	Q	-	-	-	-	-	Sim

Depois de feita a análise a todas as propostas, parte-se agora para a conceção da proposta multifuncional que tentará englobar e respeitar todas as condicionantes, funcionalidades e dificuldades práticas de todas as vertentes do trabalho e da possível construção da obra.

4.6.1. PROPOSTA MULTIFUNCIONAL

A proposta multifuncional terá então que responder positivamente aos seguintes aspetos: retenção de areias, melhoria das condições de desembocadura da ribeira, garantir a mobilidade pedonal ao longo da estrutura e da praia e da mobilidade de um veículo de emergência ao longo da sua extensão, capacidade para a sua utilização tendo em vista atividades lúdicas e, por último, uma correta integração na paisagem circundante.

A conceção de uma estrutura plurifuncional como a descrita naturalmente que partiu da junção de alguns dos pormenores descritos em todas as secções anteriores onde foram estudadas as funções, uma a uma,

e as suas condicionantes mais importantes que mereceram consideração. Assim, tendo em conta esses pormenores, destacam-se algumas características relevantes tais como a extensão da zona não transparente, as rampas de acesso e a passagem ao nível do areal entre as duas praias, as dimensões em planta e perfil da estrutura, a criação de uma ligeira curvatura que insira a estrutura corretamente na paisagem tendo em conta o planeamento urbano.

Destas condicionantes nasce então a proposta multifuncional (Fig. 4.38) que tenta responder a todas as funções a que se propõe (ver Anexo B1 para proposta pormenorizada). Esta proposta garante todas as funções segundo os princípios seguidos desde o início do trabalho, no entanto há aspetos, sobretudo da retenção de areias, que devem ser estudados através de modelos físicos e/ou modelos numéricos para a sua validação.

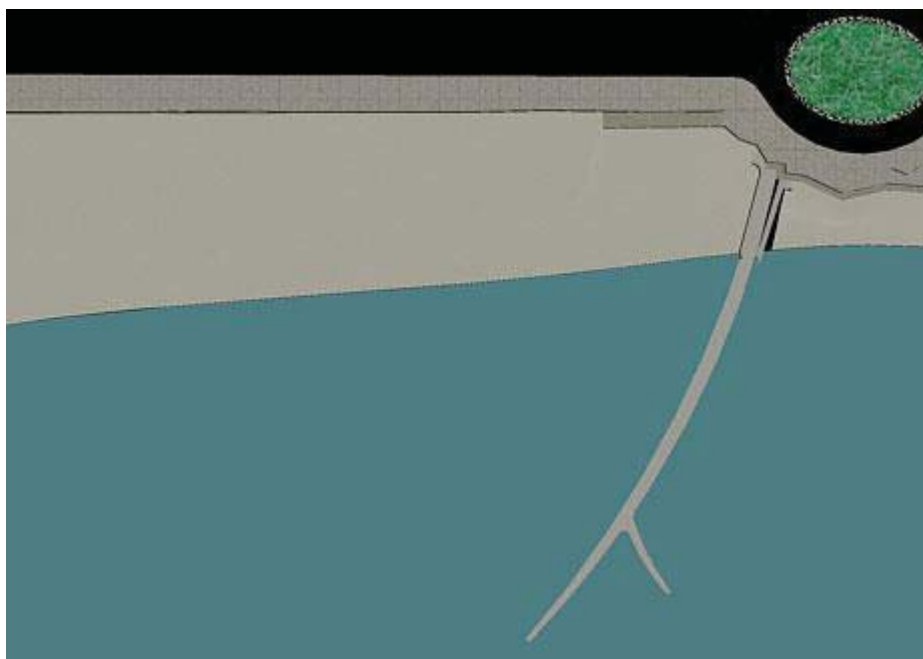


Fig. 4.38 - Aparência da proposta multifuncional

Esta proposta condensa muitas das características enunciadas anteriormente, com apenas um pilar cilíndrico por secção, as rampas de acesso como descritas no ponto 4.3.2 e a curvatura devida à melhor integração paisagística. Para resolver o problema da difração e refração do surf, foram concebidos taludes nos pés dos pilares até uma cota 2,0 metros abaixo da PMAV. A estrutura inicia à cota de +7,68 m ZH e termina, na cabeça do pontão, à cota de +8,68 m ZH, garantindo assim a alguma segurança acrescida para as tempestades de inverno.

4.6.2. ANÁLISE DA PROPOSTA MULTIFUNCIONAL

Depois de apresentada a proposta multifuncional, vai proceder-se à análise de todas as suas vertentes de forma a confirmar o seu correto desenvolvimento e verificar as respostas da estrutura às funções propostas.

Primeiramente, seguindo a estrutura desta dissertação, é analisada a retenção das areias. Como é possível verificar na Fig. 4.39, a estrutura tem um comportamento neste ponto semelhante à estrutura designada no Quadro 4.2 como proposta L. Mais do que isso, tendo em conta a criação dos taludes nos pés dos pilares, a longo prazo poderá mesmo ter um efeito mais benéfico e reter mais areias do que o previsto.



Fig. 4.39 - Análise à retenção das areias para a proposta multifuncional

Resumidamente, a proposta multifuncional apresentada garante alguns ganhos positivos na praia Internacional e minimiza os negativos do lado da praia de Matosinhos, devido à zona transparente da sua extremidade.

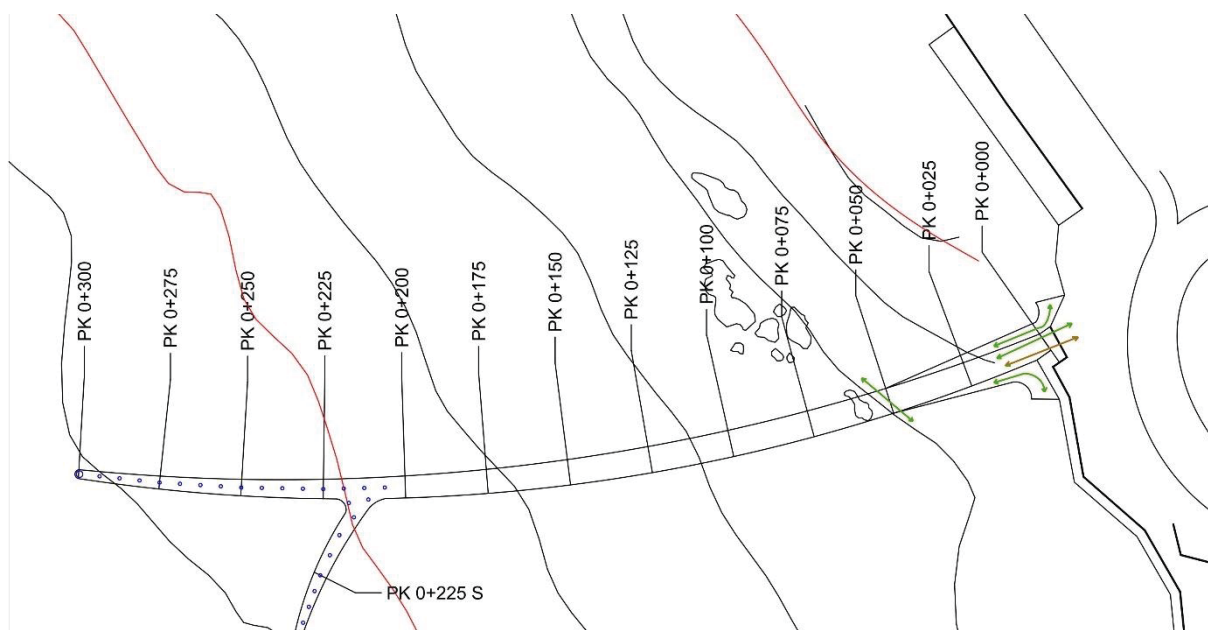


Fig. 4.40 - Planta com indicação dos sentidos de mobilidade. Verde para peões. Castanho para veículo de emergência

Tendo em conta esta simples análise, facilmente se percebe que a estrutura consegue ir de encontro aos pressupostos iniciais da retenção de areias do lado da praia Internacional.

Iniciando o estudo da mobilidade, verifica-se pela proposta apresentada no Anexo B1e pela Fig. 4.40 que estão garantidas todas as passagens e larguras necessárias para a locomoção de pessoas e para o acesso à estrutura de um veículo de emergência

A plataforma tem, na sua largura útil mais pequena, 5 metros, o que garante o acesso por qualquer veículo de emergência. Também as rampas são bastante abastadas, com uma largura útil mínima de 1,5 metros. A passagem inferior ao nível do areal tem uma altura máxima de 3 metros que, sendo uma secção composta por meia circunferência, garante uma largura útil para uma altura de 1,80 metros de 4,80 metros, que deverá ser suficiente mesmo tendo em conta a grande afluência que ambas as praias têm durante a época balnear.

Começando a análise da desembocadura da ribeira, rapidamente se percebe pela Fig. 4.41 que o canal tem uma secção bastante larga, passando para o dobro da secção atualmente existente de 1 metro de diâmetro. Não existindo dados do caudal da ribeira, apenas é garantido o correto funcionamento do canal tendo em consideração que não existe qualquer entrave à passagem da água na secção.

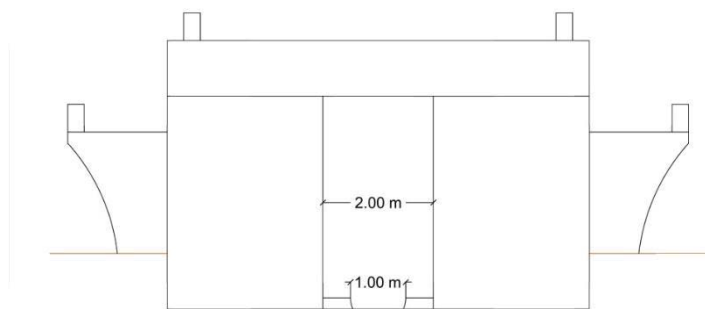


Fig. 4.41 - Corte transversal na posição PK0+025 onde é possível ver a secção do canal da ribeira

Fazendo agora a análise para os desportos aquáticos, é necessário ter em conta uma das características mais importantes da estrutura. Se a ponta da estrutura fosse totalmente transparente, a funcionalidade relativa à prática de surf e seus similares seria fortemente comprometida. Por essa mesma razão, a introdução dos taludes nos pés dos pilares irá permitir criar fenómenos de refração e difração para a melhoria das condições da prática destas atividades. Assim, na Fig. 4.42 está uma simulação das cristas das ondas tendo em conta a presença da estrutura multifuncional na criação da barreira para as ondas.

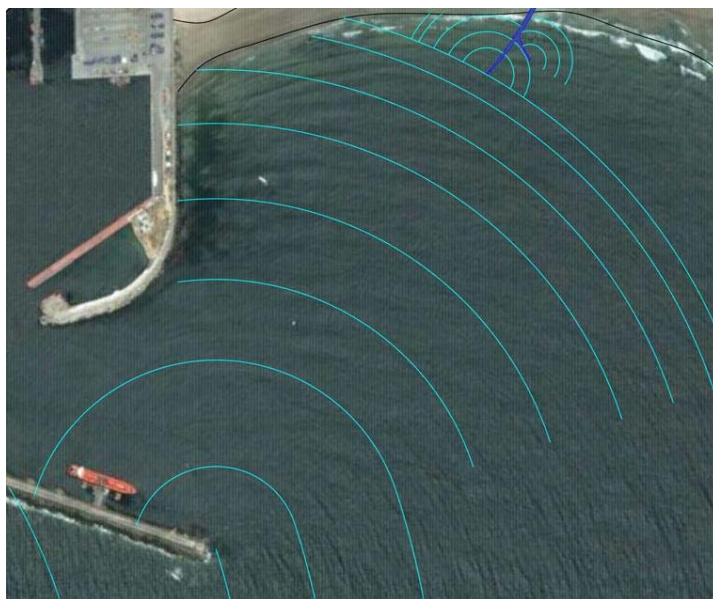


Fig. 4.42 - Simulação das cristas das ondas com a estrutura multifuncional (fenómenos de difração)

Tendo também em consideração outros aspetos relativos à prática balnear, nomeadamente à vigia da praia pelos nadadores-salvadores, pela Fig. 4.43 que é uma analogia das indicações descritas no ponto 4.5.3 desta dissertação, percebe-se que a estrutura providência uma área de atuação bastante alargada tendo em consideração a dimensão da praia. Mais uma vez, sobretudo quando necessário efetuar salvamentos a uma distância considerável da praia, a presença ou acesso ao mar de um nadador-salvador a partir do pontão pode ser uma mais-valia e fazer a diferença entre o sucesso ou fracasso da missão. Isto acontece muito por culpa do mais rápido acesso a zonas onde, sem a estrutura, o acesso seria dificultado ou mais moroso.

Para além de permitir melhores condições para a prática de desportos aquáticos, permite suprir as necessidades e melhorar também as posições dos nadadores-salvadores em contextos de socorro a banhistas.



Fig. 4.43 - Área de atuação de um nadador salvador posicionado na estrutura multifuncional. A verde, faixa dos 50 metros. A laranja faixa dos 100 metros. A vermelho a faixa dos 150 metros.

Do ponto de vista da integração paisagística, a estrutura consegue dissipar a dificuldade em enquadrar-se com o ‘Eixo da Circunvalação’ através da já referida curvatura em planta. Assim, consegue-se uma introdução de uma estrutura diferente num local com um urbanismo complexo sem discordar ou divergir de referências importantes da zona. Outro grande problema inicial da estrutura seria visto a partir do areal, com uma expressão da parede da zona não transparente demasiado forte. Essa mesma sensação foi fortemente minimizada através da colocação da rampa de acesso lateral, de ambos os lados, que ‘corta’ a parede e permite uma diferenciação de contrastes entre uma parte superior e outra inferior (Fig. 4.44) que pode ser aproveitada com a utilização de diferentes materiais nos acabamentos da estrutura.

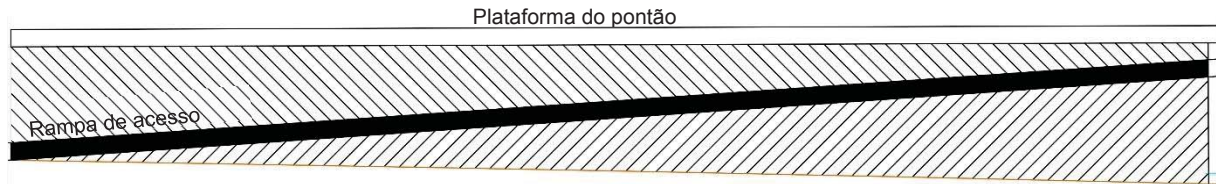


Fig. 4.44 - Esquema que mostra o efeito de corte da rampa de acesso na parede da zona não transparente

5

PRÉ-DIMENSIONAMENTO

5.1. INTRODUÇÃO

O pré-dimensionamento da estrutura estudada nesta dissertação tem duas componentes principais: o pré-dimensionamento da zona transparente e o pré-dimensionamento da zona não transparente. A diferença entre as duas zonas a nível estrutural é bastante evidente, destacando-se numa uma estrutura porticada ou com o tabuleiro em consola, e noutra uma construção através de caixotões ou mesmo uma estrutura betonada *in situ* com um desenvolvimento vertical mais robusto. Devido a todas as condicionantes referidas no capítulo 4 deste trabalho, a estrutura apresenta aproximadamente dois terços da sua extensão como zona não transparente e apenas um terço em zona transparente.

No contexto desta dissertação, o pré-dimensionamento conceptual da estrutura vai utilizar simplificações que sugiram, no caso de uma possível execução da obra, algumas dimensões estruturais necessárias para a sua concretização. No entanto, todos os aspetos aqui apresentados deveriam nessa situação ser alvo de um estudo mais aprofundado através de modelação física e numérica para validação dos resultados.

5.2. ZONA TRANSPARENTE

A zona transparente, identificada pela zona constituída em pilares com a plataforma em consola, deve ser pré-dimensionada com especial cuidado de forma a contornar todas as dificuldades e adversidades que uma estrutura destas em contacto com o mar tem. O principal elemento a ser pré-dimensionado serão os pilares, que são a sustentação da estrutura nesta secção. Há vários casos internacionais de pontões com pilares ou estacas que servem de sustento histórico para a conceção de uma estrutura com estas características, tal como se pode ver na Fig. 5.1, no pontão em *Scheveningen*, na Holanda.



Fig. 5.1 - Zona transparente com pilares num pontão em Scheveningen, na Holanda (Veloso-Gomes)

5.2.1. ASPETOS TÉCNICOS E REGULAMENTARES

Para o pré-dimensionamento dos pilares, vai utilizar-se a fórmula de Morison (5.1), de 1950, que admite que uma força hidrodinâmica com a direção do escoamento principal, também chamada de *in-line force*, exercida num corpo rígido imerso, que no caso desta dissertação é o pilar cilíndrico da estrutura, pode ser obtida pela sobreposição linear das forças de inércia e das forças de resistência (Veloso-Gomes, 1985).

$$dF(t) = dF_I + dF_D = C_M \cdot \rho \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot dZ \cdot \frac{dU}{dt} + \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho \cdot D \cdot dZ \cdot U|U| \quad (5.1)$$

Desta, sabe-se que $\frac{\pi D^2}{4} dz$ representa o volume do corpo imerso, e $D dz$ a área projetada.

Da fórmula apresentada em cima, tem-se que F_I , ou seja, as Forças de Inércia, podem ter a sua grandeza calculada da forma apresentada na expressão (5.2):

$$F_I = (M_o + M_v) \cdot \frac{dU}{dt} = C_M \cdot M_o \cdot \frac{dU}{dt} = C_M \cdot \rho \cdot V \cdot \frac{dU}{dt} \quad (5.2)$$

Do mesmo modo, F_D , ou seja Forças de Resistência, são traduzidas pela expressão (5.3).

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho \cdot A \cdot U^2 \quad (5.3)$$

Com a fórmula de Morison com os dados completos, basta fazer a sua integração ao longo do comprimento imerso do pilar cilíndrico para se obter a força hidrodinâmica que é exercida.

A fórmula apresentada (numa versão já adaptada para o âmbito deste trabalho) é de natureza semi-empírica e a sua aplicação pode ser questionável, sobretudo pelo modo como se obtêm as forças de inércia e de resistência. As justificações que são usadas para apontar as insuficiências desta formulação resumem-se a:

- Falta de análises conclusivas das características do escoamento em torno dos pilares quanto à geração de vórtices
- Não foi ainda encontrada uma relação creditada entre as características do escoamento e os mecanismos físicos responsáveis pela geração de forças

Mais se sabe ainda que a fórmula de Morison necessita para ser corretamente aplicada:

- Ter informações adequadas sobre velocidades e acelerações no fluido
- Valores dos coeficientes C_D e C_M fixados de forma adequada, uma vez que estes são variáveis no tempo e através de outros fatores

Para a resolução deste último ponto, neste trabalho vão ser utilizados os dados experimentais de Sarpkaya de 1978, que são apresentados no Anexo C1

Para o cálculo da velocidade e aceleração no fluido (expressão (5.4)), tem que se recorrer à Teoria Linear ou Solução de Airy que traduz as orbitas descritas pelas partículas numa onda de oscilação irrotacional (Veloso-Gomes, F., 1981).

$$U = \frac{dx}{dt} = \frac{a \cdot g}{w} \cdot k \cdot \frac{1}{\cosh(k \cdot d)} \cdot \cosh(k \cdot (z + d)) \cdot \cos(k \cdot x - w \cdot t) \quad (5.4)$$

Da expressão (5.4), os parâmetros a , w e k , são dados respetivamente pelas expressões (5.5), (5.6) e (5.7).

$$a = \frac{H}{2} \quad (5.5)$$

$$k = \frac{2 \cdot \pi}{L} \quad (5.6)$$

$$w = \frac{2 \cdot \pi}{T} \quad (5.7)$$

Das expressões de w e k , tem-se L como o comprimento de onda e T o período.

5.2.2. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DOS PILARES

Uma vez que são diversos pilares mas é necessário manter alguma consistência na conceção da estrutura de modo a beneficiar o processo da construção e minimizar a ocorrência de erros na obra, criou-se um mapa de pilares como o apresentado na Fig. 5.2.

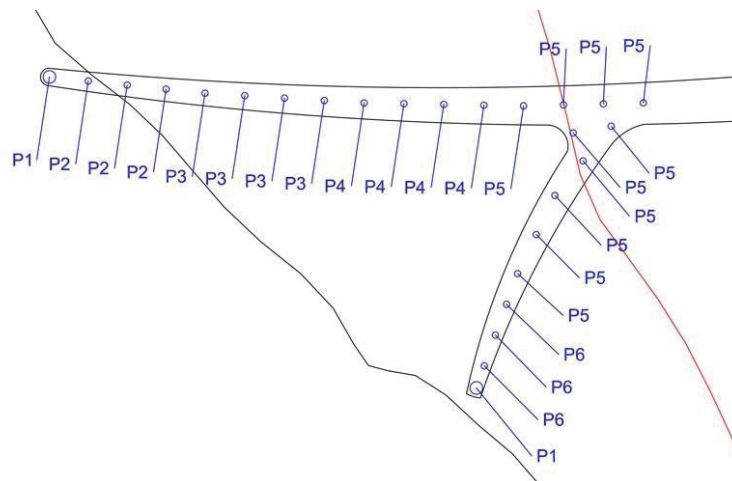


Fig. 5.2 - Mapa de pilares da zona transparente da estrutura

O pré-dimensionamento é assim realizado para seis situações, sendo que em cada um dos pilares serão feitos os cálculos para o que estiver a uma profundidade maior e, consequentemente, sugira um parâmetro d mais elevado. No entanto, nesta secção da dissertação apenas será apresentado o pré-dimensionamento do pilar P1. Os restantes serão apresentados no Anexo C1

Começando o pré-dimensionamento para o pilar P1, com um diâmetro de 2 metros e com uma cota dos fundos de -1,20 m ZH, para um valor de g de $9,807 \text{ m/s}^2$, um valor da PMAV de +4,0 m ZH e um valor de ν de $1,14\text{E-}06 \text{ m}^2/\text{s}$ (ITTC, 2011), para uma temperatura média de 15°C .

Uma vez que a velocidade é máxima quando $\cos(kx - wt)$ é igual a 1, ou seja, quando $kx - wt = 0$, os valores de x e t deverão também eles ser nulos. Partindo desse princípio, quando a velocidade é máxima, a aceleração é também ela nula, o que torna logo à partida a Força de Inércia praticamente residual e a tender para zero.

Um outro fator importante é a definição do período. Segundo o Instituto Hidrográfico, o período médio para o porto de Leixões é de 5 segundos (IH, 2014a). Tendo em conta a contiguidade entre o porto de Leixões e a praia de Matosinhos, pode considerar-se válida a mesma informação para o caso em estudo. No entanto, por segurança, considera-se para o pré-dimensionamento um período T de 6 segundos.

Assim, obtêm-se os valores do Quadro 5.1, Quadro 5.2 e Quadro 5.3 para o pré-dimensionamento do pilar P1.

Quadro 5.1 - Parâmetros calculados para o pré-dimensionamento do pilar P1

d [m]	5,20
H _{max} [m]	4,06
L ₀ [m]	56,19
L [m]	38,68
k	0,16
w	1,05

Quadro 5.2 - Parâmetros KC (Número de Keulegan-Carpenter), Re (Número de Reynolds) e β (Número de Valensi)

KC	11
Re	6E+06
β	585514

Para corpos cilíndricos em situação estática como a que está a ser estudada neste trabalho, os valores de C_D e C_M recomendados são, 2,0 e 1,0, respetivamente (MIT, 2004).

Assim, tendo em conta todos os valores apresentados, as resultantes das forças no pilar P1 está enunciada no Quadro 5.3.

Quadro 5.3 - Força de Inércia, F_I , Força de Resistência, F_D , e força total pela fórmula de Morison

F_I [N]	0,00
F_D [N]	135820,76
F [kN]	135,82

5.3. ZONA NÃO TRANSPARENTE

A zona não transparente da estrutura é encarada ao nível do pré-dimensionamento como uma espécie de quebramar vertical, onde a principal diferença residirá no facto de não ser um caixotão de betão tradicional, mas um com uma estrutura mais trabalhada, sobretudo no seu núcleo por culpa da passagem

da ribeira. O seu pré-dimensionamento é simples e deve, inicialmente, respeitar os já tradicionais critérios de segurança globais da Engenharia Civil, que referem a segurança ao deslizamento, ao derrube e à tensão da base.

5.3.1. ASPETOS TÉCNICOS E REGULAMENTARES

Para calcular os fatores de segurança referidos e pré-dimensionar a estrutura, utilizam-se três métodos diferentes, um para a zona sem rebentação, *Non-Breaking*, e outros dois para a consideração da rebentação, de *Goda e Minikin* (Taveira-Pinto, 2014).

5.3.1.1. Método de cálculo para zonas sem rebentação

No método de cálculo sem rebentação, devido aos danos numa estrutura estarem ligados à altura máxima de onda que a atinge, é comum considerar a altura de onda de projeto, H_{des} , o valor calculado pela expressão (5.8).

$$H_{des} = H_{max} = K_{max} \cdot H_s \quad (5.8)$$

Assim, as resultantes das ações para o método de cálculo sem rebentação, são as apresentadas na Fig. 5.3.

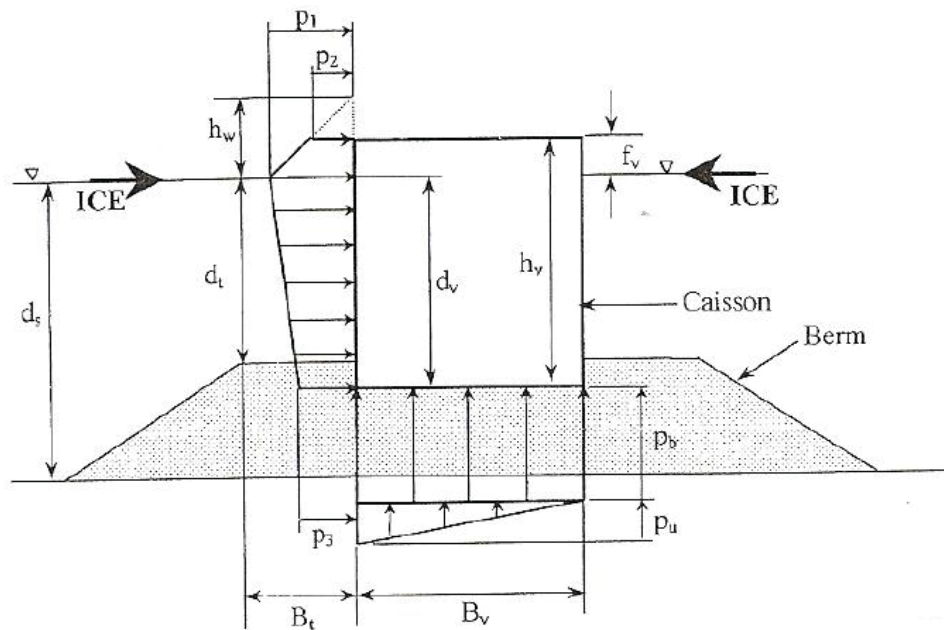


Fig. 5.3 - Esquema ilustrativo das ações na estrutura

Da Fig. 5.3, tem-se d_t a profundidade na face da estrutura, d_s a profundidade média dos fundos naquela secção, d_v a altura do caixotão submersa, h_v a altura total do caixotão, f_v a diferença entre o nível de água considerado e a cota de superfície do caixotão, B_v a largura do caixotão e B_t a largura do patamar da

fundação. Os valores de p_1 , p_2 , p_3 e p_u são dados pelas expressões (5.9), (5.10), (5.11) e (5.12), respetivamente.

$$p_1 = \rho \cdot g \cdot (H_{des} + \Delta_H) = C_1 \cdot p_0 \quad (5.9)$$

$$p_2 = \left(1 - \frac{f_v}{h_w}\right) \cdot p_1 = C_2 \cdot p_0 \quad (5.10)$$

$$p_3 = \rho \cdot g \cdot \left(\frac{1}{\cosh(2\pi d / L)} + \frac{\Delta_H}{H_{des}} \right) \quad (5.11)$$

$$p_u = p_3 = C_3 \cdot p_0 \quad (5.12)$$

Já o valor de p_0 , assim como os dos coeficientes C_1 , C_2 e C_3 , são dados pelas expressões (5.13), (5.14), (5.15) e (5.16).

$$p_0 = \rho \cdot g \cdot H_{des} \quad (5.13)$$

$$C_1 = C_w = \left(1 + \frac{\Delta_H}{H_{des}}\right) \quad (5.14)$$

$$C_2 = \left(1 + \frac{\Delta_H}{H_{des}}\right) \cdot \left(1 - \frac{f_v}{h_w}\right) = C_1 \cdot \left(1 - \frac{f_v}{h_w}\right) \quad (5.15)$$

$$C_3 = \left(\frac{1}{\cosh(2\pi d / L)} + \frac{\Delta_H}{H_{des}} \right) \quad (5.16)$$

Depois de calculados os parâmetros enunciados, calculam-se as forças atuantes e obtêm-se os fatores de segurança ao deslizamento (5.17), ao derrube (5.18), e as respetivas tensões na base (5.19).

$$FS_{deslizamento} = \frac{F_{estabilizadora}}{F_{instabilizadora}} \quad (5.17)$$

$$FS_{derrube} = \frac{M_{estabilizador}}{M_{instabilizador}} \quad (5.18)$$

$$\sigma_{base} = \sum \frac{V}{A} \pm \left(\frac{m}{I/V} \right) \quad (5.19)$$

5.3.1.2. Método de cálculo para zona com rebentação - Goda

Apesar de ser aceitável realizar os cálculos através do método sem rebentação, é mais comum uma estrutura na costa estar no domínio de zona com rebentação. Por esse mesmo motivo, o cálculo vai ser repetido para o caso do método de Goda e, no ponto 5.3.1.3 através do método de Minikin.

Naturalmente que é mais comum uma estrutura deste género estar localizada a uma profundidade tal que as ondas rebentem, o que significa que as forças hidrostáticas e de sustentação, *uplift forces*, sejam maiores.

Tal como na secção 5.3.1.1, no método de cálculo sem rebentação, as ações sobre a estrutura são esquematicamente as que estão apresentadas na Fig. 5.3. A diferença principal reside no cálculo dos coeficientes C_w , C_l , C_2 , C_3 e C_u , que são agora calculados como apresentado nas equações (5.20), (5.21), (5.22), (5.23) e (5.24), respetivamente.

$$C_w = 0,75 \cdot (1 + \cos \alpha) \quad (5.20)$$

$$C_l = 0,5 \cdot (1 + \cos \alpha) \cdot (\zeta_1 + \zeta_4 \cdot \cos^2 \alpha) \quad (5.21)$$

$$C_2 = C_l \cdot \left(1 - \frac{f_v}{h_w} \right) \quad (5.22)$$

$$C_3 = \zeta_3 \quad (5.23)$$

$$C_u = 0,5 \cdot (1 + \cos \alpha) \cdot \zeta_1 \cdot \zeta_3 \quad (5.24)$$

Das equações apresentadas em cima, α é o ângulo de ataque das ondas, e os parâmetros ζ_1 , ζ_2 , ζ_3 e ζ_4 são dados pelas expressões (5.25), (5.26), (5.27) e (5.28).

$$\zeta_1 = 0,6 + 0,5 \cdot \left(\frac{2 \cdot k \cdot d_t}{\sinh(2 \cdot k \cdot d_t)} \right)^2 \quad (5.25)$$

$$\zeta_2 = \min \left[\left(\frac{d_{5H} - d_s}{3 \cdot d_{5H}} \right) \cdot \left(\frac{H_{des}}{d_t} \right); \frac{2 \cdot d_t}{H_{des}} \right] \quad (5.26)$$

$$\zeta_3 = 1 - \left(\frac{h_v - f_v}{d_s} \right) \cdot \left(1 - \left(\frac{1}{\cosh(k \cdot d_s)} \right) \right) \quad (5.27)$$

$$\zeta_4 = \max[\zeta_2; \zeta_5 \cdot \zeta_6] \quad (5.28)$$

Por sua vez, os coeficientes ζ_5 e ζ_6 , são valores obtidos através de outros coeficientes, que estão explícitos nas expressões (5.29), (5.30), (5.31), (5.32), (5.33) e (5.34).

$$\delta_{11} = 0,93 \cdot \left(\frac{B_t}{L} - 0,12 \right) + 0,36 \cdot \left(\frac{d_s - d_t}{d_s} - 0,6 \right) \quad (5.29)$$

$$\delta_1 = 15 \cdot \delta_{11} \quad \text{para} \quad \delta_{11} > 0; \quad \delta_1 = 20 \cdot \delta_{11} \quad \text{para} \quad \delta_{11} \leq 0 \quad (5.30)$$

$$\delta_{22} = -0,36 \cdot \left(\frac{B_t}{L} - 0,12 \right) + 0,93 \cdot \left(\frac{d_s - d_t}{d_s} - 0,6 \right) \quad (5.31)$$

$$\delta_2 = 3 \cdot \delta_{22} \quad \text{para} \quad \delta_{22} > 0; \quad \delta_2 = 4,9 \cdot \delta_{22} \quad \text{para} \quad \delta_{22} \leq 0 \quad (5.32)$$

$$\zeta_5 = \frac{1}{\cosh \delta_1 \cdot \cosh^{1/2} \delta_2} \quad \text{para} \quad \delta_{22} > 0; \quad \zeta_5 = \frac{\cos \delta_2}{\cosh \delta_1} \quad \text{para} \quad \delta_{22} \leq 0 \quad (5.33)$$

$$\zeta_6 = 2 \quad \text{para} \quad \frac{H_{des}}{1,8 \cdot d_t} > 2; \quad \zeta_6 = \frac{\cos \delta_2}{\cosh \delta_1} \quad \text{para} \quad \frac{H_{des}}{1,8 \cdot d_t} \leq 2 \quad (5.34)$$

Depois de calculadas as forças atuantes, procede-se ao cálculo dos fatores de segurança ao deslizamento, ao derrube e as tensões na base, tal como enunciado nas expressões (5.17), (5.18) e (5.19).

5.3.1.3. Método de cálculo para zona com rebentação – Minikin

Tal como para o método de Goda, na secção anterior, a diferença na metodologia é evidente através do cálculo dos coeficientes que ajudam a determinar as ações sobre a estrutura, com especial destaque para o coeficiente C_2 que neste método é inexistente.

$$C_w = 0,5 \quad (5.35)$$

$$C_1 = \frac{0,5}{k \cdot d_t} \quad (5.36)$$

$$C_3 = C_1 \quad (5.37)$$

$$C_u = C_3 \quad (5.38)$$

Depois de calculados os coeficientes de Minikin, calcula-se as forças p_0 , p_1 , p_2 , p_3 e p_u através das fórmulas (5.13), (5.9), (5.10), (5.11) e (5.12), e os respetivos coeficientes de segurança pelas mesmas fórmulas apresentadas anteriormente.

5.3.2. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA

O pré-dimensionamento da estrutura passa, em primeiro lugar, pela definição da secção tipo e dos materiais a utilizar em cada caso. Nesta secção apenas irá ser apresentado o pré-dimensionamento da secção PK0+200 que será aquela que, na zona não transparente, terá uma profundidade de água maior. O pré-dimensionamento das restantes secções será apresentado no Anexo C3

Sendo uma estrutura betonada *in situ* ou uma estrutura constituída por caixotões pré-fabricados, a sua secção não necessita de ser totalmente em betão, podendo ser uma estrutura oca e preenchida posteriormente com um material granular. Desta forma, garante-se uma maior economia na construção e uma maior flexibilização que pode ser útil tendo em mente a volatilidade dos mercados da construção nos últimos anos.

Assim, propõe-se uma secção com paredes de 0,30 metros e uma superestrutura com 1 metro de altura, que devem ser suficientes para garantir a robustez desejada. Na Fig. 5.4 está um esquema com a secção a ser pré-dimensionada.

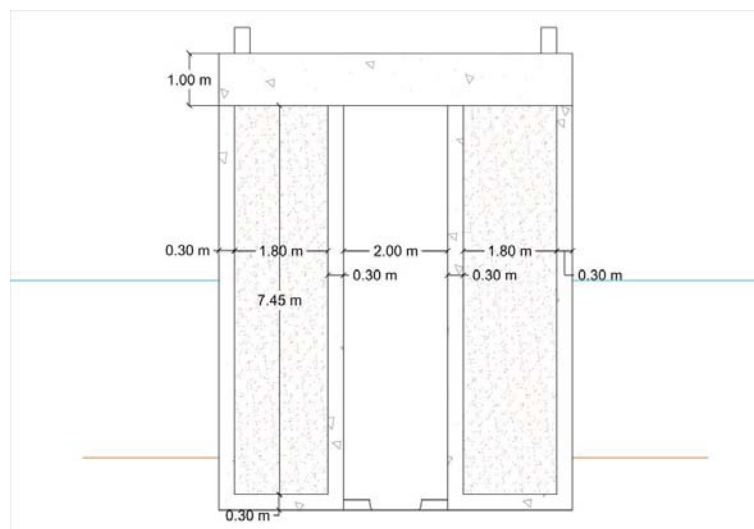


Fig. 5.4 - Perfil transversal PK0+200 a ser pré-dimensionado

Como material de enchimento, tendo em consideração o local da obra, sugere-se a utilização de areia (mistura de areia fina e grossa) que terá um peso volúmico seco, $\gamma_{d,areia}$, compreendido entre 13,3 e 21,7 kN/m³ (Fernandes, 2011). Para efeitos de pré-dimensionamento, o valor de γ a utilizar será de um número intermédio e muito utilizado para este material de 20 kN/m³.

O peso volúmico do betão, $\gamma_{betão}$, será o mais comum com o valor de 24 kN/m³. Para o peso volúmico da água, γ_w , uma vez que é água salgada, o seu valor será de 10,30 kN/m³. Assim, para a secção apresentada na Fig. 5.4, tem-se nos Quadro 5.4, Quadro 5.5, Quadro 5.6, Quadro 5.7, Quadro 5.8, Quadro 5.9, Quadro 5.10, Quadro 5.11, Quadro 5.12 e Quadro 5.13 o pré-dimensionamento da secção e as respetivas verificações de segurança.

Quadro 5.4 - Parâmetros iniciais da secção e dados utilizados no pré-dimensionamento

Largura das paredes [m]	0,30
Largura útil da zona oca [m]	2,00
Largura útil da zona a ser preenchida [m]	1,80
Altura da superestrutura [m]	1,00
Altura da secção de betão s/ superestrutura [m]	7,75
Altura da base da estrutura [m]	0,30
$\gamma_{material\ de\ enchimento}$ [kN/m ³]	20,00
$\gamma_{betão}$ [kN/m ³]	24,00
γ_w [kN/m ³]	10,30
Inclinação dos fundos (%)	0,00

Ângulo de ataque $\alpha(^{\circ})$	40,00
$\tan(\varphi)$	0,60

Quadro 5.5 - Parâmetros hidráulicos

B_v [m]	6,80
B_t [m]	0,00
h_v [m]	8,75
d_v [m]	4,40
f_v [m]	4,35
$d_t=d_s$ [m]	3,40
d_{5H} [m]	3,40
T [s]	6,00
H_{des} [m]	2,65
H_{rms} [m]	1,88
ΔH [m]	0,59
L_0 [m]	56,19
L [m]	32,44
k	0,19
w	1,05

Quadro 5.6 - Peso da secção (com um metro de desenvolvimento) e peso submerso

W [kN]	1008,32
W' [kN]	700,14

Quadro 5.7 - Parâmetros de Goda para o cálculo dos coeficientes C

ξ_1	0,89
ξ_2	0,00
ξ_3	0,76
ξ_4	0,00

ξ_5	0,00
ξ_6	0,43
$\bar{\delta}_{11}$	-0,33
$\bar{\delta}_1$	-6,55
$\bar{\delta}_{22}$	-0,51
$\bar{\delta}_2$	-2,52

Quadro 5.8 - Coeficientes para os métodos Sem Rebentação, Goda e Minikin

	Sem rebentação	Goda	Minikin
C_w	1,22	1,32	0,50
h_w [m]	3,24	3,51	1,33
C_1	1,22	0,79	0,41
C_2	-0,42	-0,19	
C_3	1,04	0,76	0,41
C_u	1,04	0,60	0,41

Quadro 5.9 - Cálculo de p_0

p_0 [kN]	27,32
------------	-------

Quadro 5.10 - Cálculo das pressões p_1 , p_2 , p_3 e p_u para os diversos métodos

	Sem rebentação	Goda	Minikin
p_1 [kN]	33,39	21,44	11,15
p_2 [kN]	-11,41	-5,11	0,00
p_3 [kN]	28,38	20,83	11,15
p_u [kN]	28,38	16,35	11,15

O seguinte passo será o cálculo das resultantes das pressões atuantes. Para isso, na Fig. 5.5 está, de forma esquemática, a representação das forças enunciadas no Quadro 5.11.

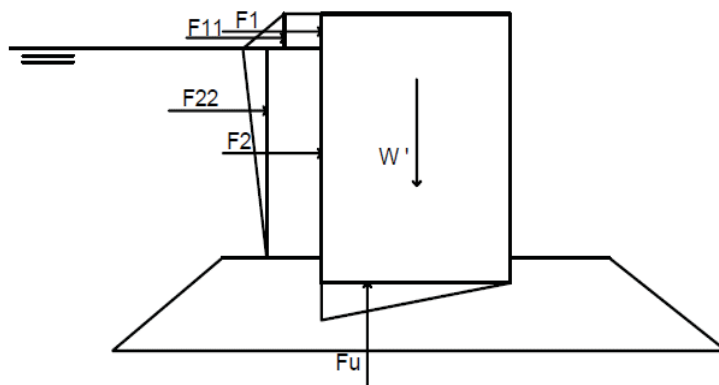


Fig. 5.5 - Esquema ilustrativo das resultantes das forças a atuar na estrutura

Quadro 5.11 - Cálculo das forças resultantes

	Sem rebentação	Goda	Minikin
F_u [kN]	96,49	55,60	37,91
F_1 [kN]	-49,65	-22,24	0,00
F_{11} [kN]	97,45	57,76	24,25
F_2 [kN]	124,86	91,65	49,07
F_{22} [kN]	11,03	1,35	0,00

Quadro 5.12 - Cálculo das forças e momentos estabilizadores e desestabilizadores. Cálculo dos parâmetros necessários para verificação das tensões na base

$F_{\text{estabilizadora}}$ [kN]	362,20	386,73	397,34
$F_{\text{desestabilizadora}}$ [kN]	183,69	128,52	73,32
$M_{\text{estabilizador}}$ [kN.m]	2380,49	2380,49	2380,49
$M_{\text{desestabilizador}}$ [kN.m]	988,07	649,31	421,72
ΣV [kN]	603,66	644,55	662,23
A [m ²]	6,80	6,80	6,80
I/V	7,71	7,71	7,71

M_0 [kN.m]	660,02	460,29	292,80
--------------	--------	--------	--------

Quadro 5.13 - Cálculo dos coeficientes de segurança ao deslizamento e ao derrube e das tensões máximas e mínimas na base

$FS_{\text{deslizamento}}$	1,97	3,01	5,42
FS_{derrube}	2,41	3,67	5,64
σ^+ [kPa]	174,42	154,51	135,38
σ^- [kPa]	3,13	35,06	59,39

Como pode ser verificado através do Quadro 5.13, a segurança da estrutura nesta secção está largamente cumprida, em qualquer dos casos. Assim, pode concluir-se que a utilização de areia com um peso volúmico aproximado de 20 kN/m^3 será viável, o que pode reduzir bastante o custo na construção uma vez que esta pode ser adquirida em operações de dragagem próximas do local da obra.

6

SÍNTESE, CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

6.1. SÍNTESE E CONCLUSÕES

Depois de feito o estudo de uma estrutura funcional com objetivos bem claros e definidos como a do caso desta dissertação, é possível concluir que a complexidade na conceção é possível ser ultrapassada através da conjugação de parcelas mais simples e assim responder de forma positiva às solicitações hidráulicas, ambientais, urbanísticas, sociais e económicas.

A proposta multifuncional apresentada neste trabalho, que terá as características mais favoráveis estudadas para uma resposta equilibrada a todas as funções que deve corresponder. Ela conseguirá satisfazer positivamente os problemas relacionados com a retenção das areias, mesmo tendo já em vista algumas operações de alimentação artificial que possam ser realizadas. A capacidade da estrutura reter areias do lado da praia Internacional e não prejudicar em demasia a praia de Matosinhos vem do tipo de estrutura mista que foi concebido. A capacidade de retenção é dada pela parte não transparente, enquanto que a parte transparente permite a passagem dos sólidos para a praia de Matosinhos, o que premedita haver algum equilíbrio na sedimentação. A limpeza da ribeira de Riguinha e Carcavelos é um fator importante para a manutenção da distinção de ‘Bandeira Azul’ da praia de Matosinhos, no entanto não são pouco comuns as queixas de frequentadores das praias dos detritos que são arrastados pela ribeira até à praia. O pontão apresentado na proposta multifuncional apresenta características que poderão solucionar o problema, ainda que de forma parcial. Embora a presença da estrutura não despolua por completo a ribeira nem elimine todos os detritos arrastados pelos sistemas de águas pluviais, esta pode solucionar o risco que a desembocadura da ribeira cria, para a distinção de praia de qualidade, através do posicionamento do encontro da ribeira com o mar se tornar a uma distância maior do areal.

Uma vez que as praias de Matosinhos e Internacional são bastante frequentadas, a capacidade da estrutura trazer algo de novo aos seus utilizadores torna-se também um desafio. No caso estudado nesta dissertação, houve bastante cuidado no tratamento dos acessos e livre circulação de pessoas entre as praias e, tendo em consideração eventuais acidentes, de veículos de emergência e posicionamentos alternativos para os nadadores-salvadores. Mais do que isso, foram apresentadas ao longo desta dissertação diversas características que dão uma maior flexibilidade na utilização da estrutura,

permitindo um maior leque de opções para a realização de eventos ao ar livre que poderiam ser desde pequenas feiras ou sessões de formação em que a localização do pontão seja vantajoso.

Uma estrutura nova no local em questão será sempre fortemente influenciada pelo planeamento urbano e integração paisagística. Naturalmente, é necessário respeitar algumas das regras destas duas vertentes de modo a ter uma edificação que se enquadre harmoniosamente no ambiente em redor, e isso apenas é conseguido quando há uma perfeita sintonia entre as áreas da engenharia, da arquitetura e arquitetura paisagística. A estrutura final apresentada nesta dissertação consegue, tendo em conta todas as condicionantes locais, respeitar os principais traços urbanos característicos da zona, o que prevê uma correta inserção da mesma no contexto local. Onde poderá haver alguns problemas na integração, como ao nível do areal, são apresentadas possíveis soluções a adotar como forma a minimizar os efeitos negativos que esta possa causar.

Depois de concebida a estrutura, foi feito o pré-dimensionamento das zonas transparentes e não transparentes. No primeiro caso, foram definidas as cargas atuantes em cada pilar, de forma a facilitar um posterior dimensionamento completo. No segundo, foram definidos volumes, pesos e medidas que garantem a segurança em relação ao deslizamento e derrube da estrutura. Foram também calculadas as tensões previstas na base para cada secção.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O desenvolvimento desta dissertação foi alicerçado em algumas suposições, embora realistas, mas que necessitam de validação definitiva para correto desenvolvimento de um possível projeto para uma estrutura com as características como as da proposta multifuncional apresentada.

Primeiramente, tendo em conta o impacto social previsto com a construção da estrutura, é necessário realizar uma análise através de participação pública, de modo a definir corretamente condicionantes, funções ou simplesmente opiniões que poderão ser úteis no desenrolar do processo. Pela mesma razão, seria necessária uma eventual discussão com as entidades responsáveis pela área e com as funções que se propõe ser tratadas neste trabalho.

Tendo em conta o princípio utilizado no estudo de propostas para a retenção de areias, é necessário validar essa mesma informação através de um estudo de transporte de solos na área em estudo, assim como um possível estudo de alimentação artificial de areias. Com essa informação, será mais fácil conseguir simulações da retenção de areias com muito mais precisão.

Uma vez que o pré-dimensionamento efetuado ao longo deste estudo foi numa situação estática, será necessário efetuar o completo dimensionamento da estrutura através de cargas dinâmicas. Não será de dispensar também o estudo do comportamento da estrutura através de modelos físicos e numéricos para melhor averiguação do funcionamento conjunto de todas as características apresentadas.

**ANEXO A -
LEVANTAMENTOS VISUAIS
DA ZONA DE ESTUDO**

A1. EXEMPLOS INTERNACIONAIS DE PONTÕES



A1.a) Clevedon, Somerset, Reino Unido (Wikipedia, 2014b)



A1.b) Blankenberge, Bélgica (Wikipedia, 2014d)



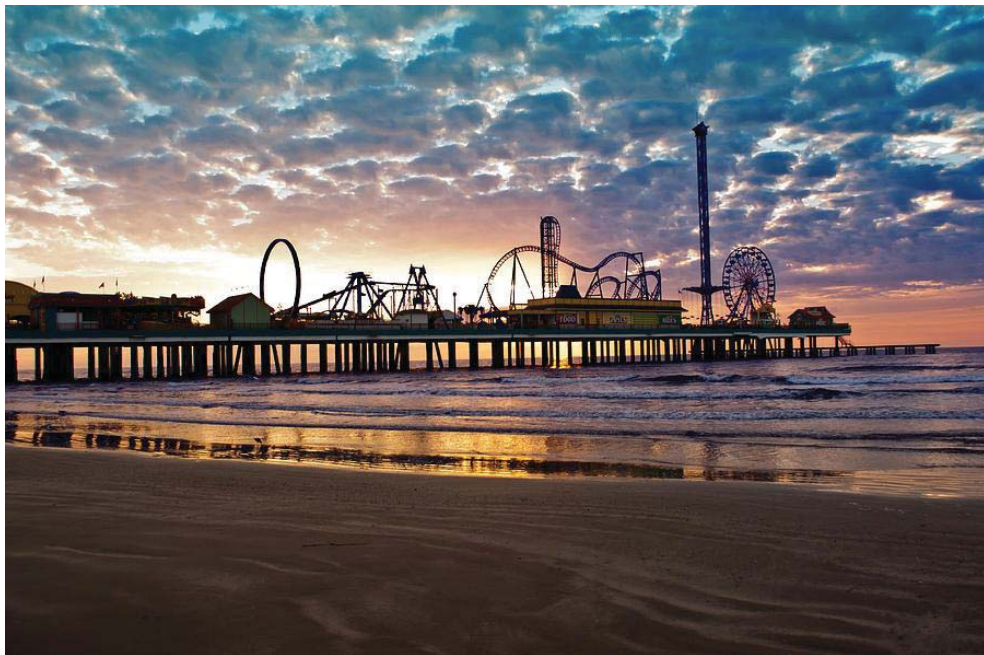
A1.c) Scheveningen, Holanda (Wikipedia, 2013c)



A1.d) Progreso, Yucatán, México (Wikipedia, 2014e)



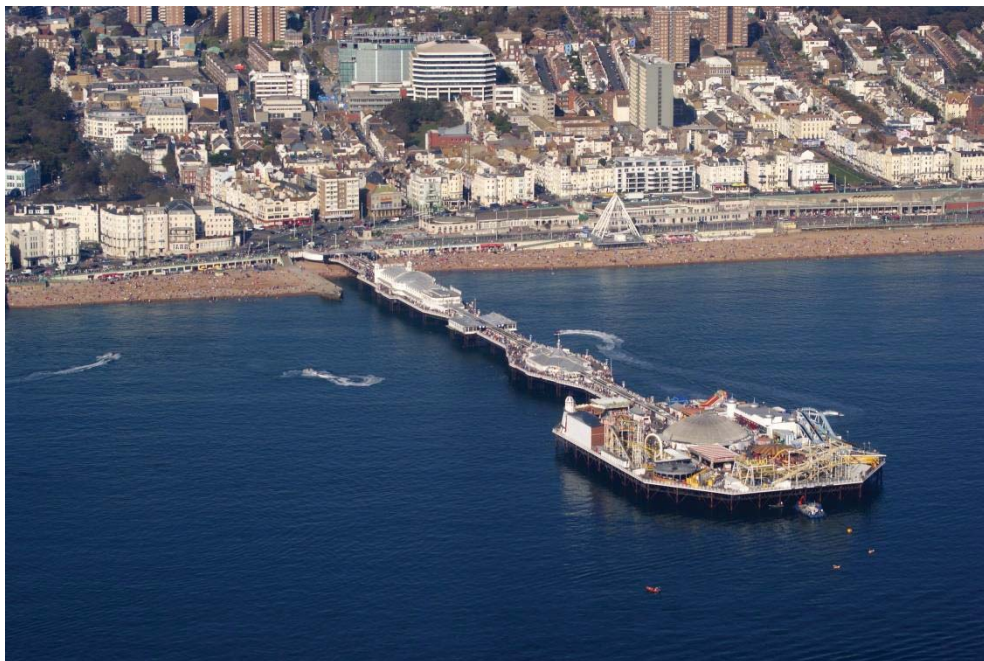
A1.e) Fort Lauderdale, Florida, EUA (Photography, Z., 2011)



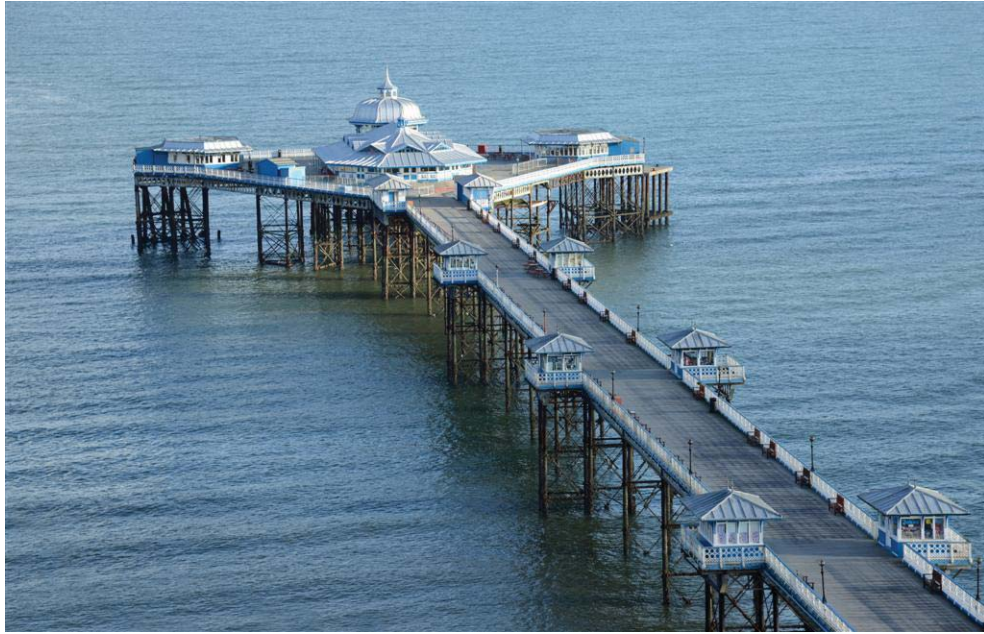
A1.f) Galveston, Texas, EUA (Wikipedia, 2013b)



A1.g) Cromer, Norfolk, Reino Unido (Wikipedia, 2013a)



A1.h) Brighton, Reino Unido (Wikipedia, 2014a)



A1.i) Llandudno, Conwy, Reino Unido (Wikipedia, 2014c)

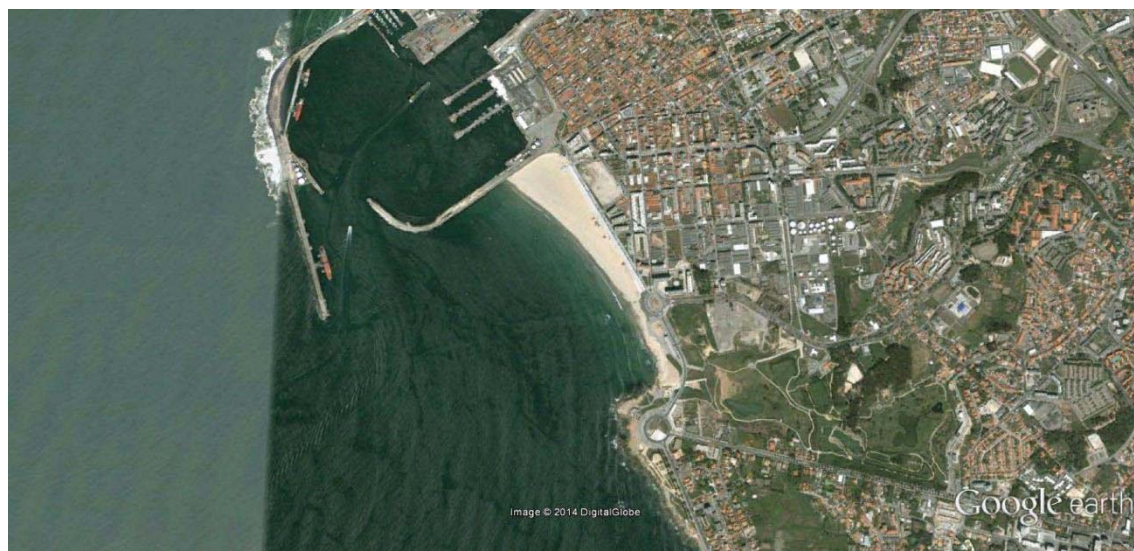
A2. LEVANTAMENTO DE IMAGENS SATÉLITE DA ZONA DE ESTUDO



A2.a) Levantamento de imagem satélite de 13/01/2003, Google Earth



A2.b) Levantamento de imagem satélite de 07/08/2003, Google Earth



Google earth

milhas
km



A2.c) Levantamento de imagem satélite de 16/05/2004, Google Earth

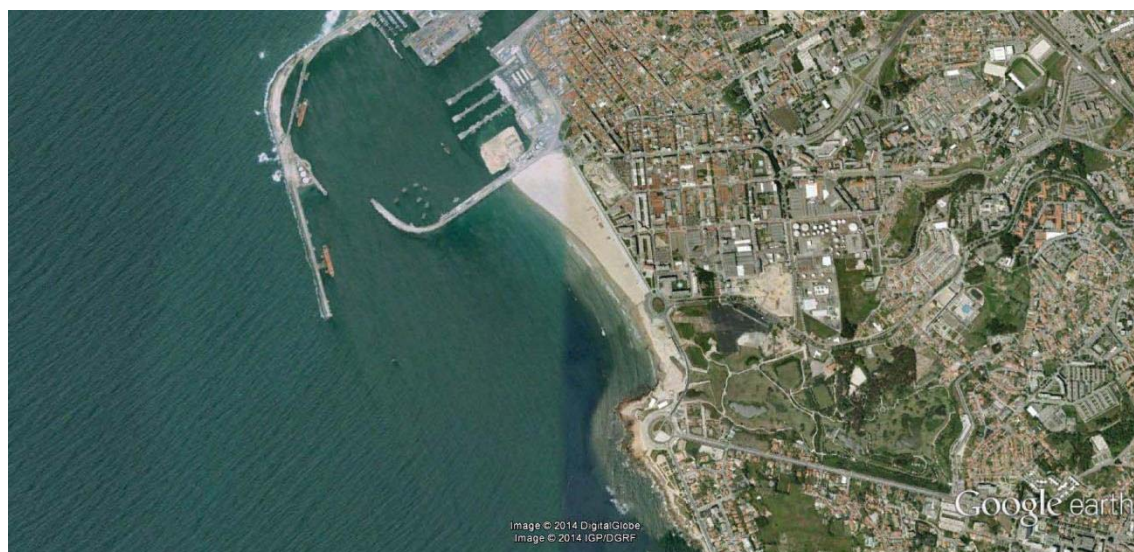


Google earth

milhas
km



A2.d) Levantamento de imagem satélite de 16/05/2004, Google Earth

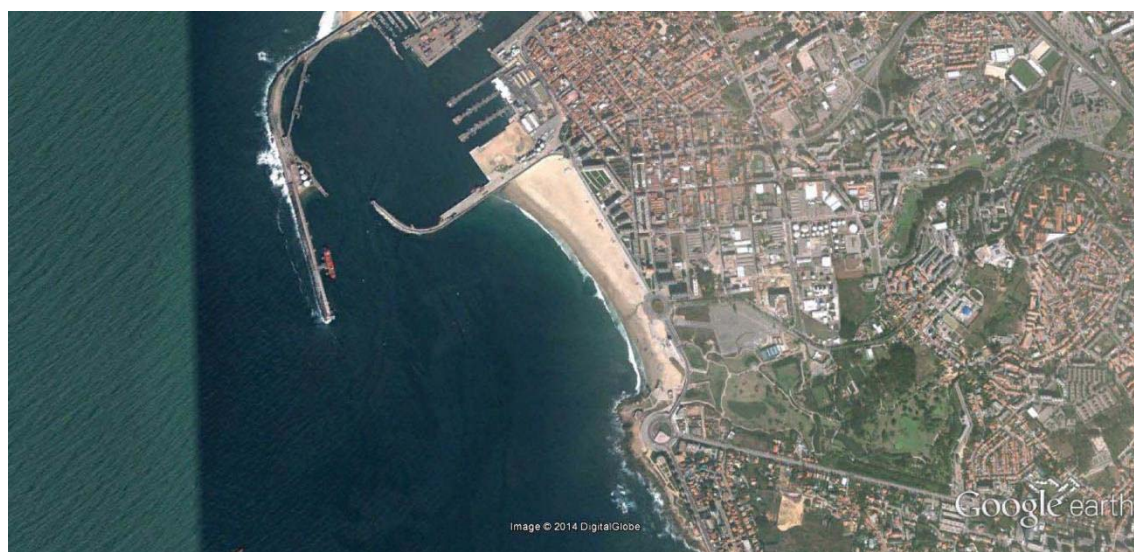


Google earth

milhas 1
km 2



A2.e) Levantamento de imagem satélite de 26/06/2007, Google Earth



Google earth

milhas 1
km 2



A2.f) Levantamento de imagem satélite de 11/10/2009, Google Earth

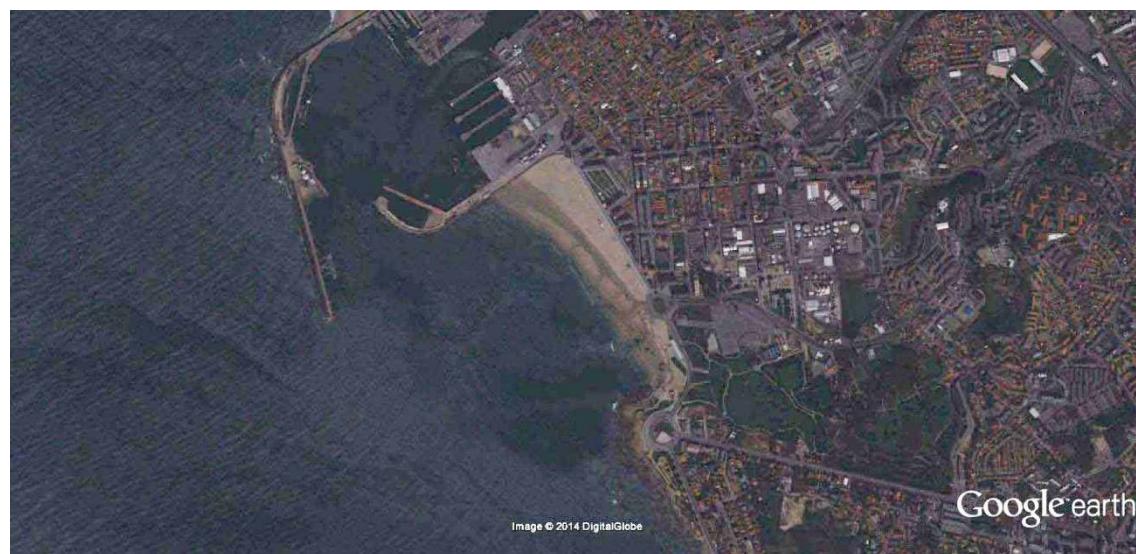


Google earth

milhas
km



A2.g) Levantamento de imagem satélite de 18/07/2010, Google Earth

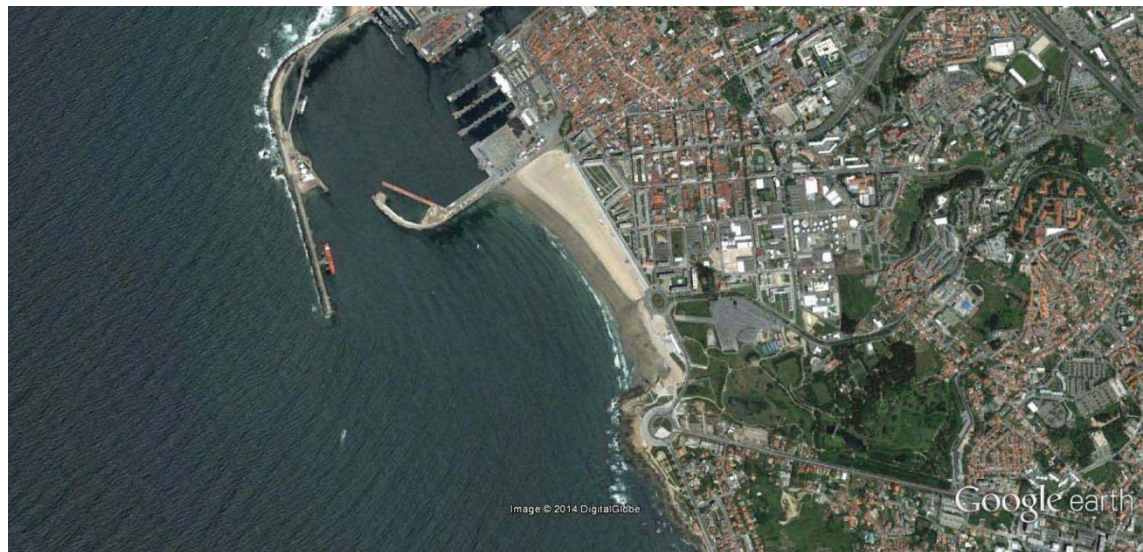


Google earth

milhas
km



A2.h) Levantamento de imagem satélite de 22/03/2011, Google Earth



Google earth

milhas
km



A2.i) Levantamento de imagem satélite de 22/06/2012, Google Earth

A3. LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO DA ZONA EM ESTUDO



A3.a) Praia de Matosinhos, Março de 2014



A3.b) Praia de Matosinhos, Março de 2014



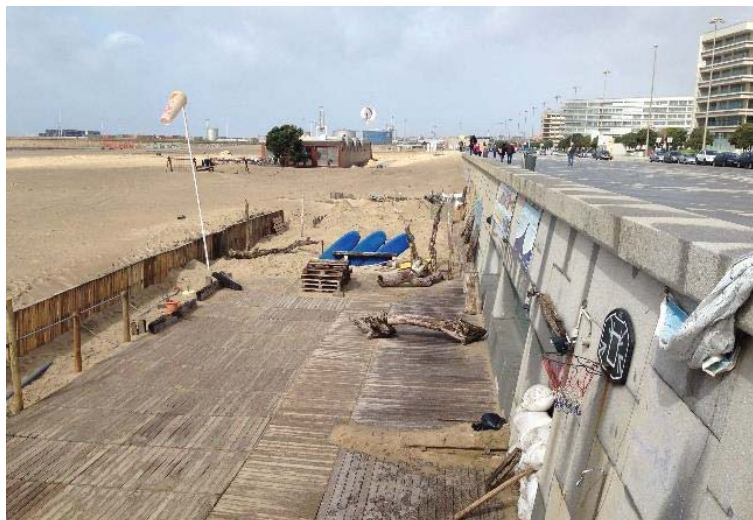
A3.d) Praia de Matosinhos, Março de 2014



A3.c) Praia de Matosinhos, Março de 2014



A3.e) Praia de Matosinhos, Março de 2014



A3.g) Praia de Matosinhos, Março de 2014



A3.f) Praia de Matosinhos, Março de 2014



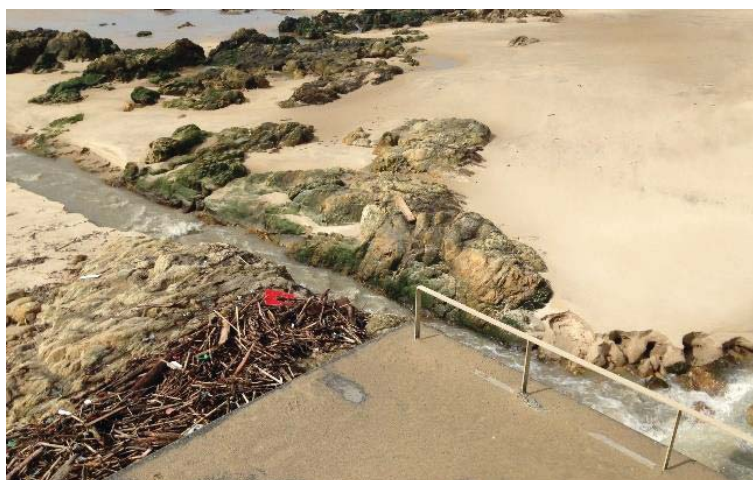
A3.h) Praia de Matosinhos, Março de 2014



A3.j) Praia de Matosinhos, Março de 2014



A3.i) Praia de Matosinhos, Março de 2014



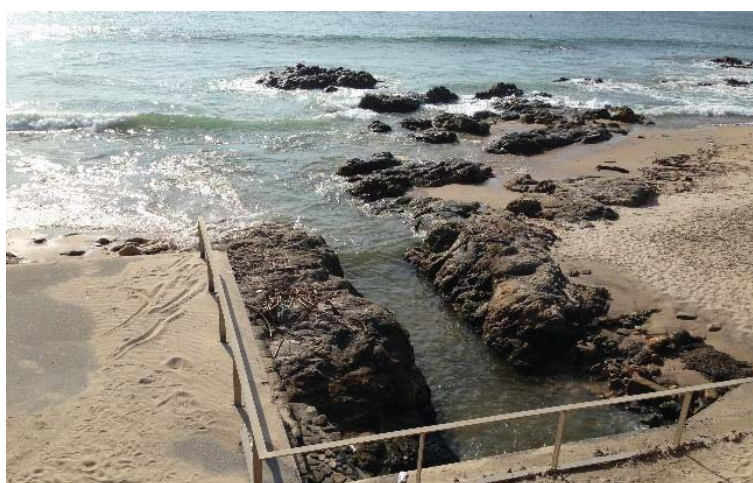
A3.k) Zona da desembocadura da ribeira da Rigueira e Carcavelos,
Março de 2014



A3.m) Zona da desembocadura da ribeira da Riguinha e Carcavelos,
Março de 2014



A3.l) Zona da desembocadura da ribeira da Riguinha e Carcavelos,
Março de 2014



A3.n) Zona da desembocadura da ribeira da Riguinha e Carcavelos,
Março de 2014



A3.q) Zona da desembocadura da ribeira da Rigueira e Carcavelos,
Março de 2014



A3.p) Zona da desembocadura da ribeira da Rigueira e Carcavelos,
Março de 2014



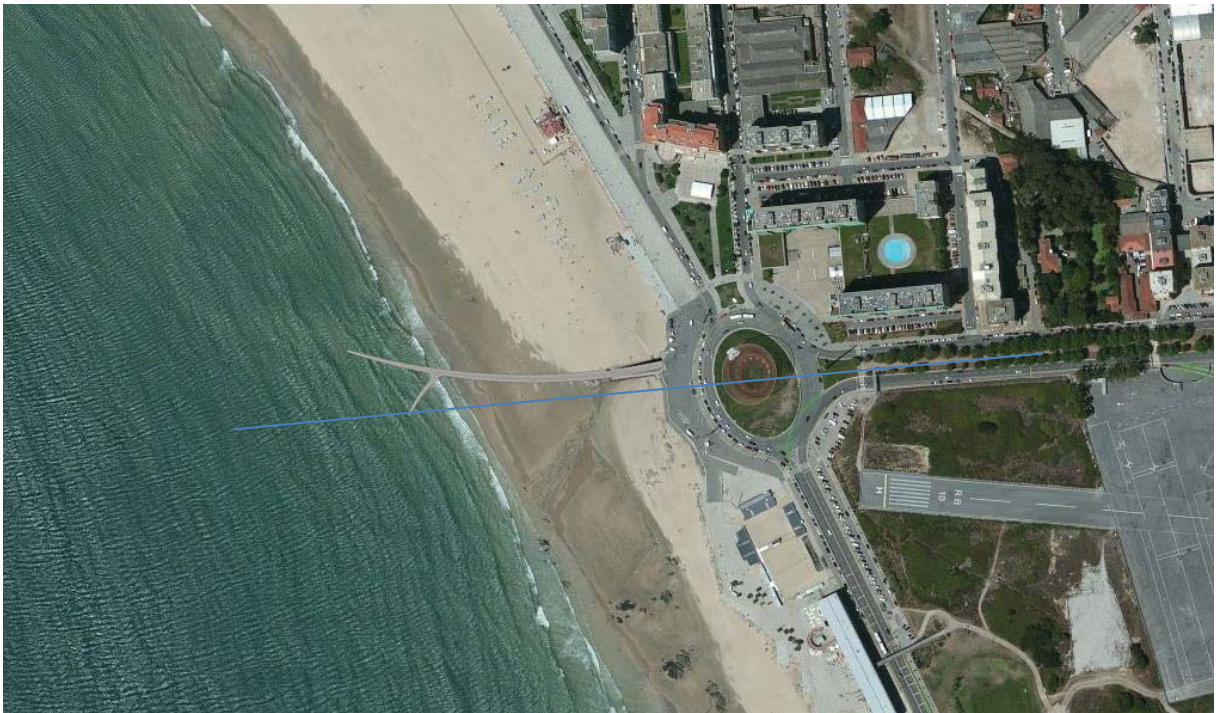
A3.o) Praia Internacional, Março de 2014



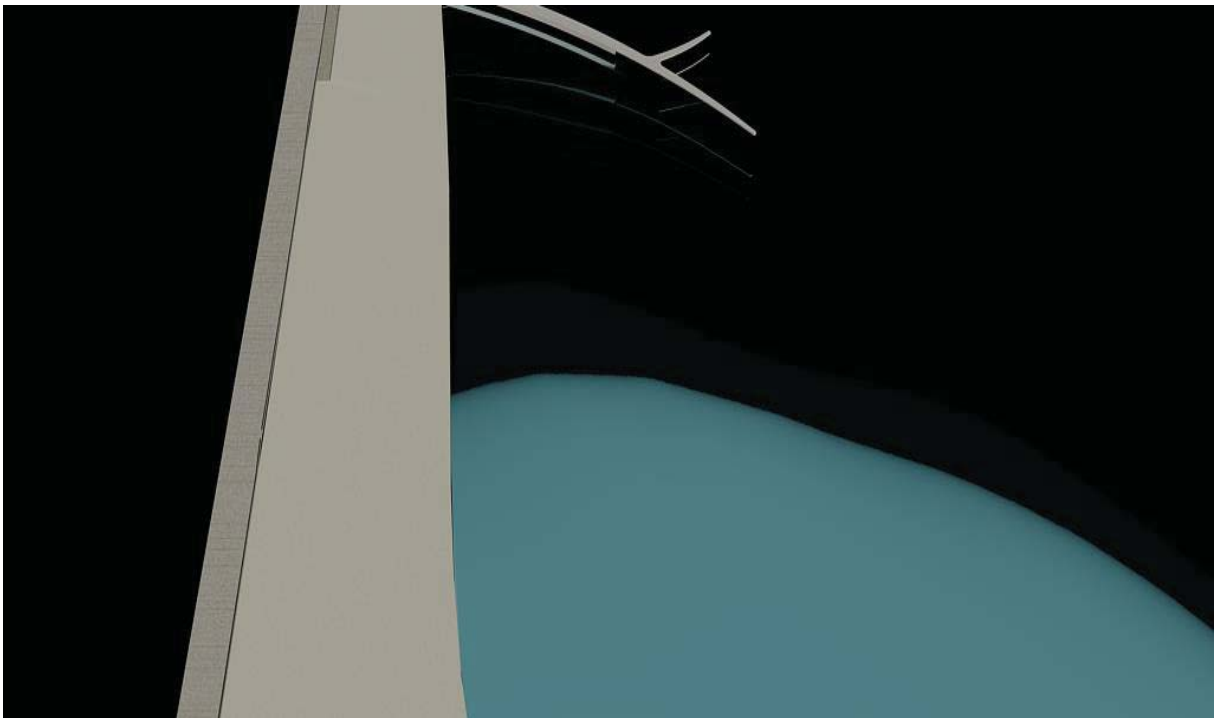
A3.r) Praia Internacional, Março de 2014

ANEXO B - PEÇAS DESENHADAS

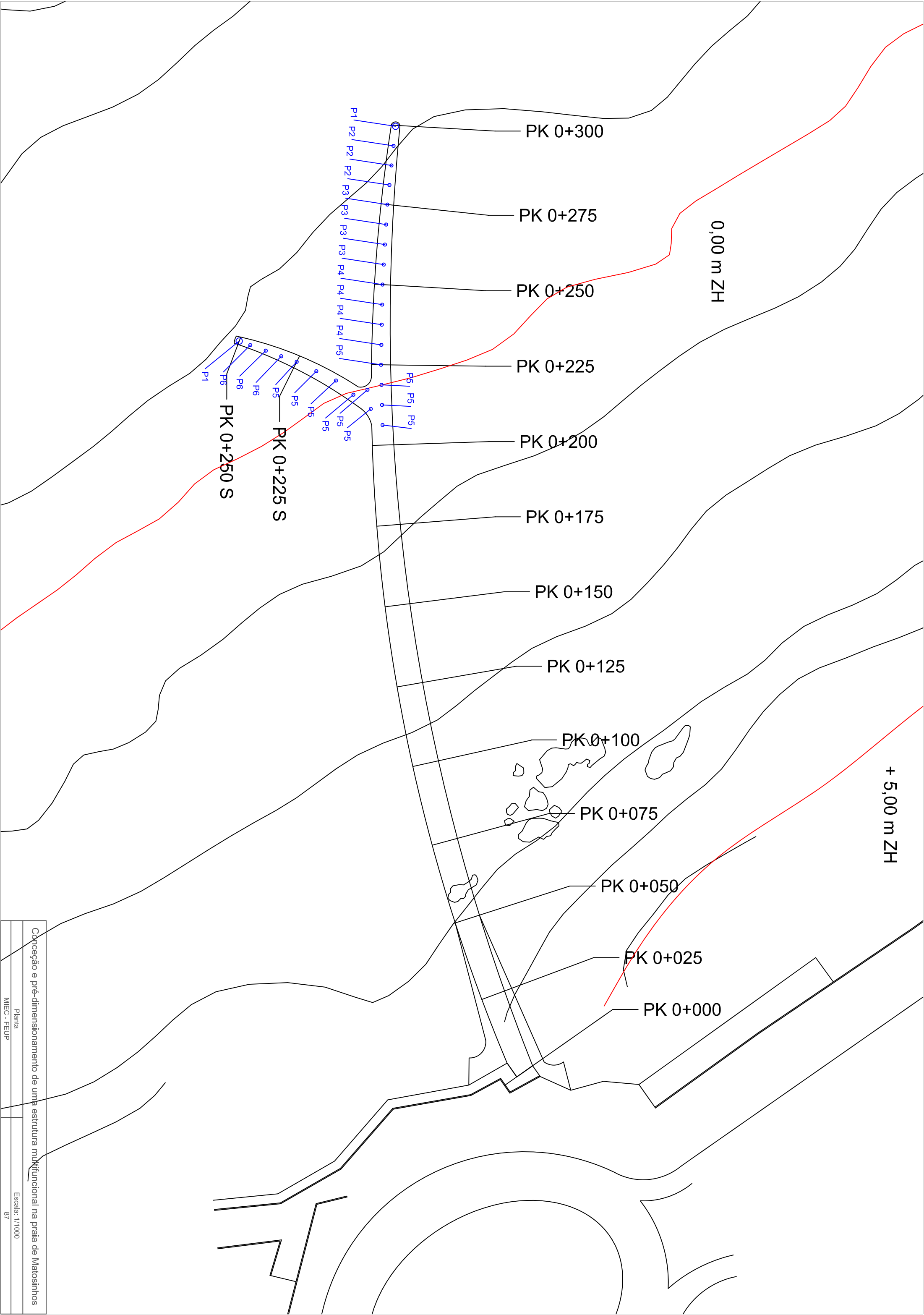
B1. PEÇAS DESENHADAS DA PROPOSTA MULTIFUNCIONAL

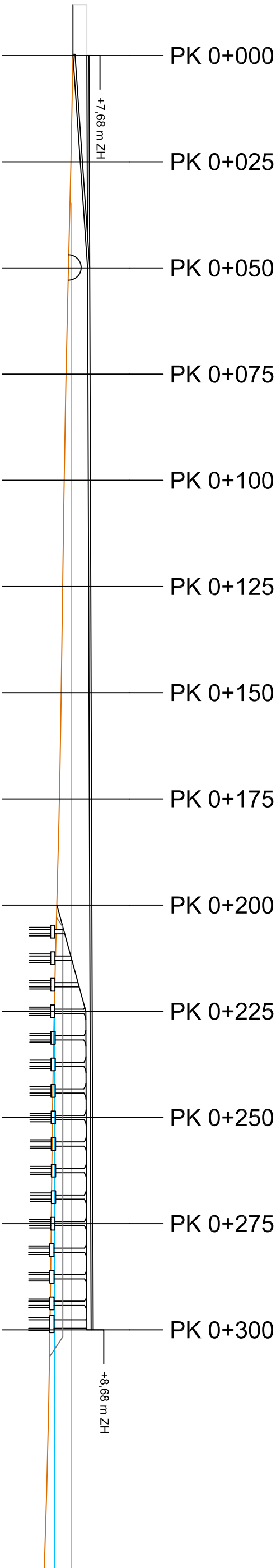


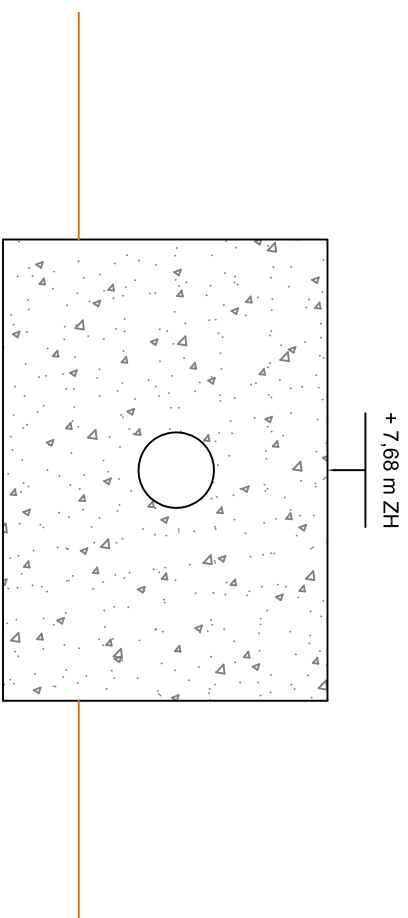
B1.a) Implantação da estrutura na praia de Matosinhos



B1.b) Render 3D da estrutura







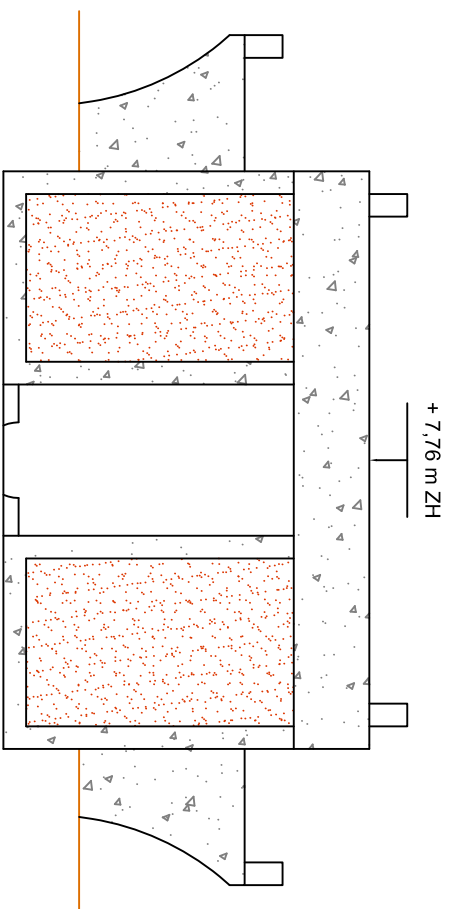
Concepção e pré-dimensionamento de uma estrutura multifuncional na praia de Matosinhos

Perfil Transversal PK 0+000

M/E/C - FEUP

Escala: 1/100

91



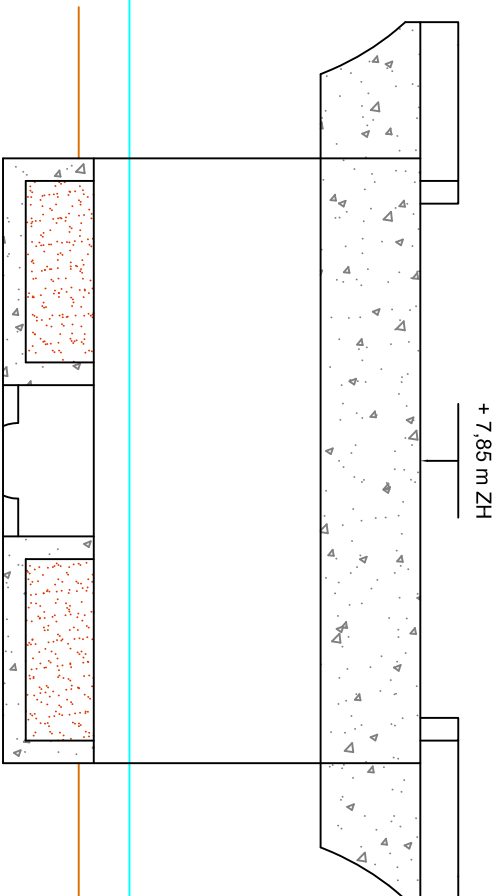
Conceção e pré-dimensionamento de uma estrutura multifuncional na praia de Matosinhos

Perfil Transversal PK 0+025

M/E/C - FEUP

Escala: 1/100

93



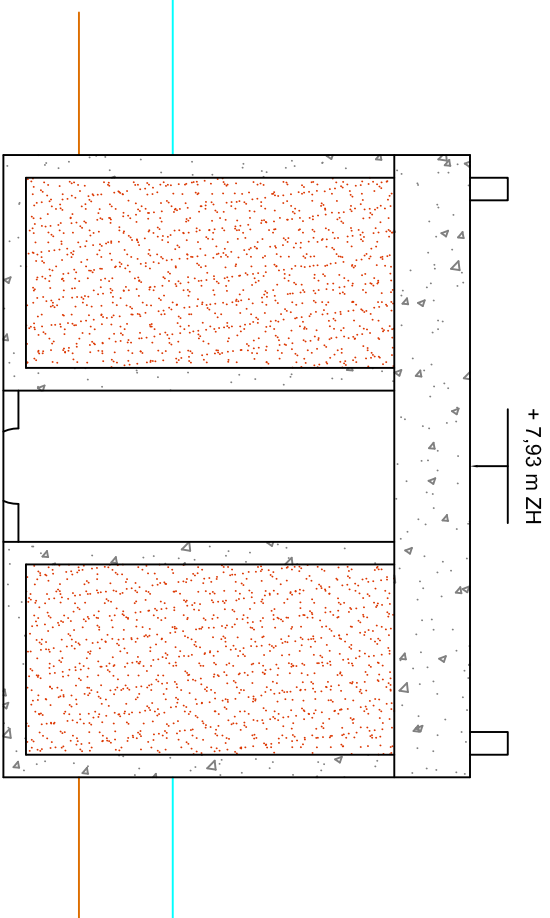
Conceção e pré-dimensionamento de uma estrutura multifuncional na praia de Matosinhos

Perfil Transversal PK 0+050

Escala: 1/100

M/E/C - FEUP

95



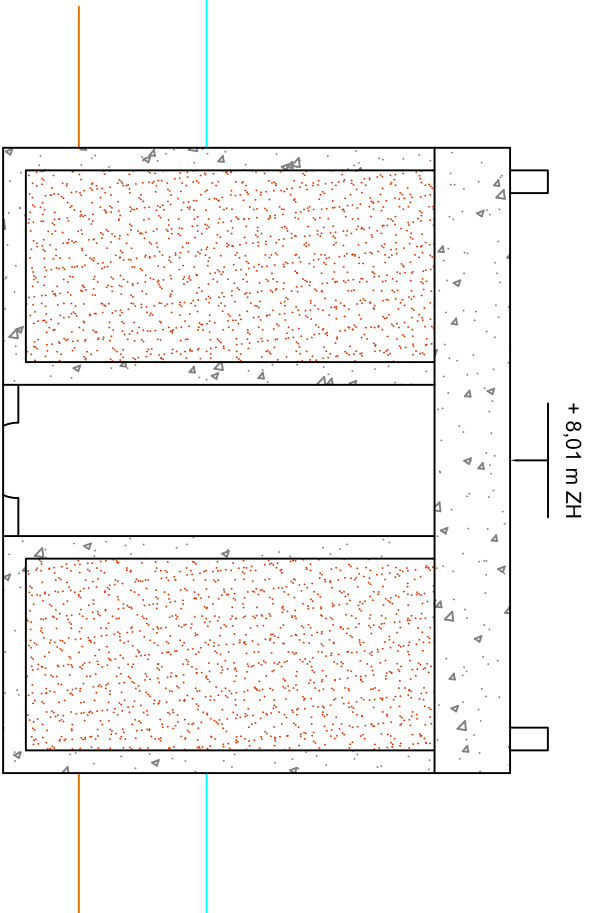
Conceção e pré-dimensionamento de uma estrutura multifuncional na praia de Matosinhos

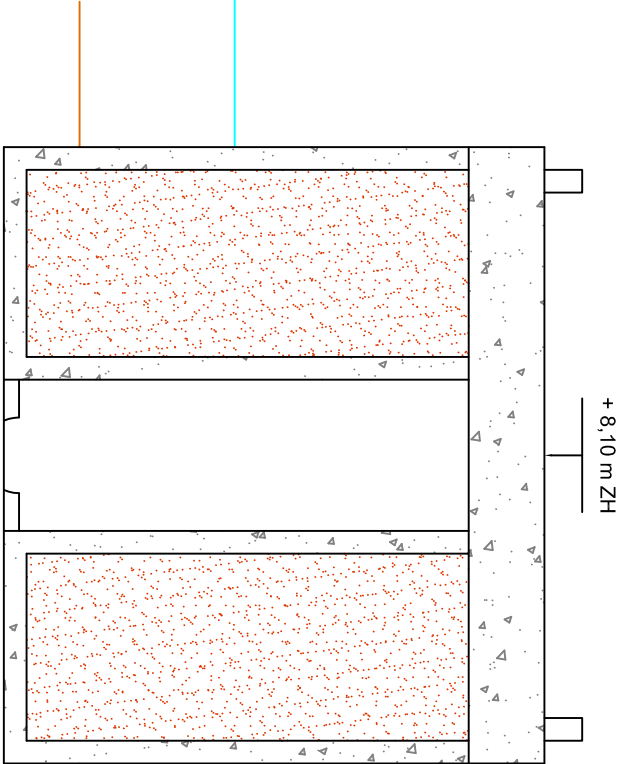
Perfil transversal PK 0+075

Escala: 1/100

MIEC - FEUP

97





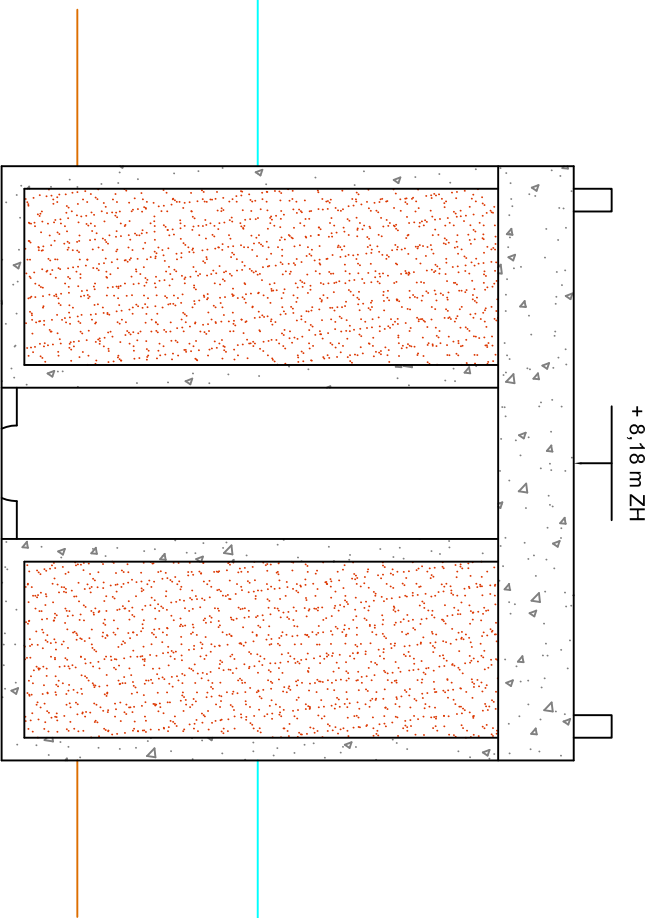
Conceção e pré-dimensionamento de uma estrutura multifuncional na praia de Matosinhos

Perfil Transversal PK 0+125

MEC - FEUP

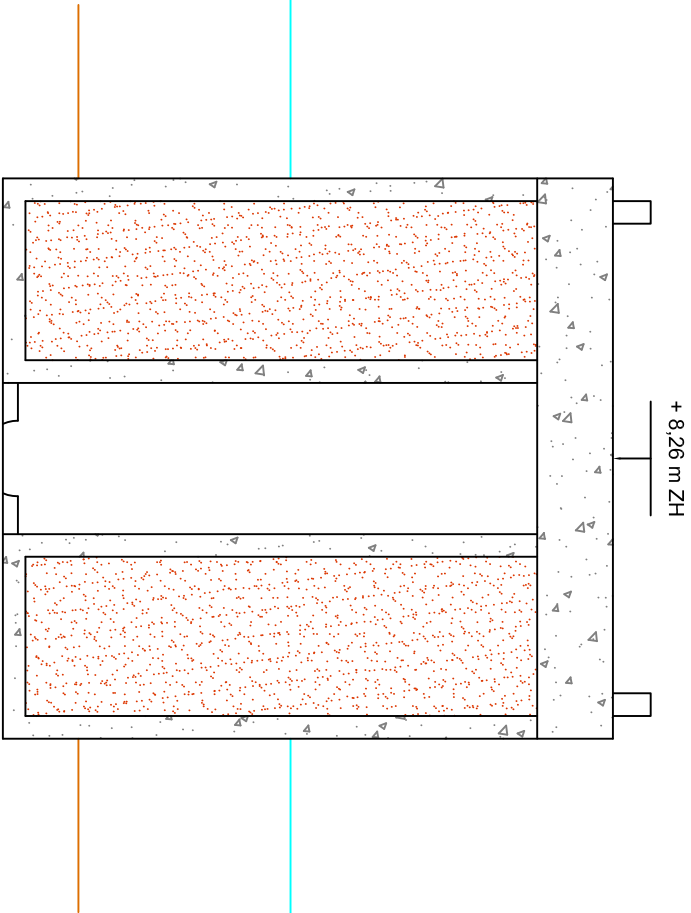
Escala: 1/100

101



Conceção e pré-dimensionamento de uma estrutura multifuncional na praia de Matosinhos

Perfil transversal PK 0+150	
MEC - FEUP	
Escala: 1/100	
103	



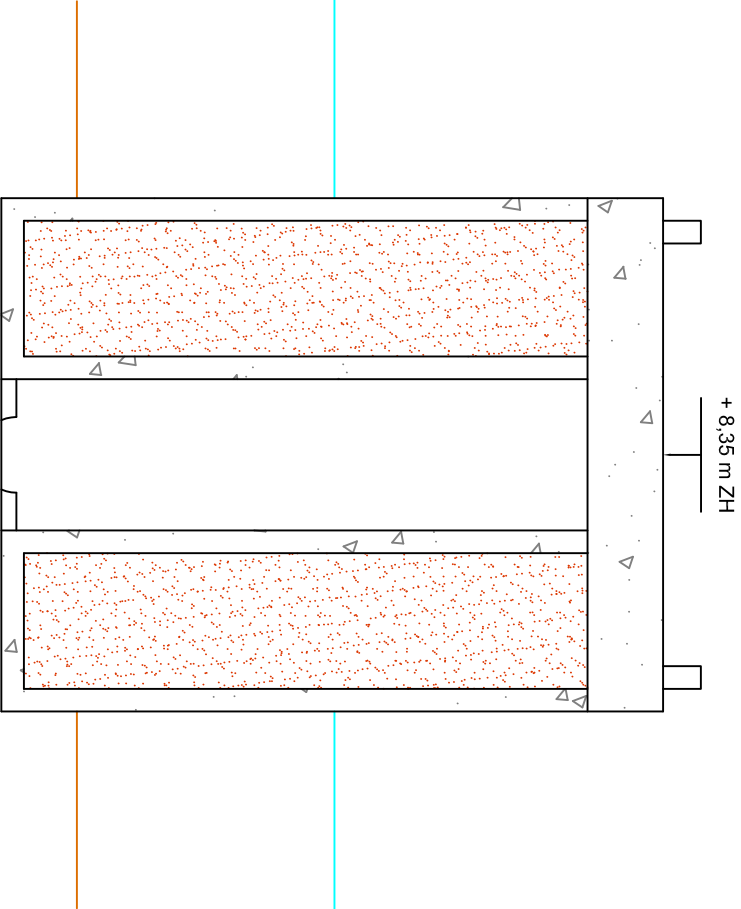
Conceção e pré-dimensionamento de uma estrutura multifuncional na praia de Matosinhos

Perfil Transversal PK 0+175

Escala: 1/100

MEC - FEUP

105



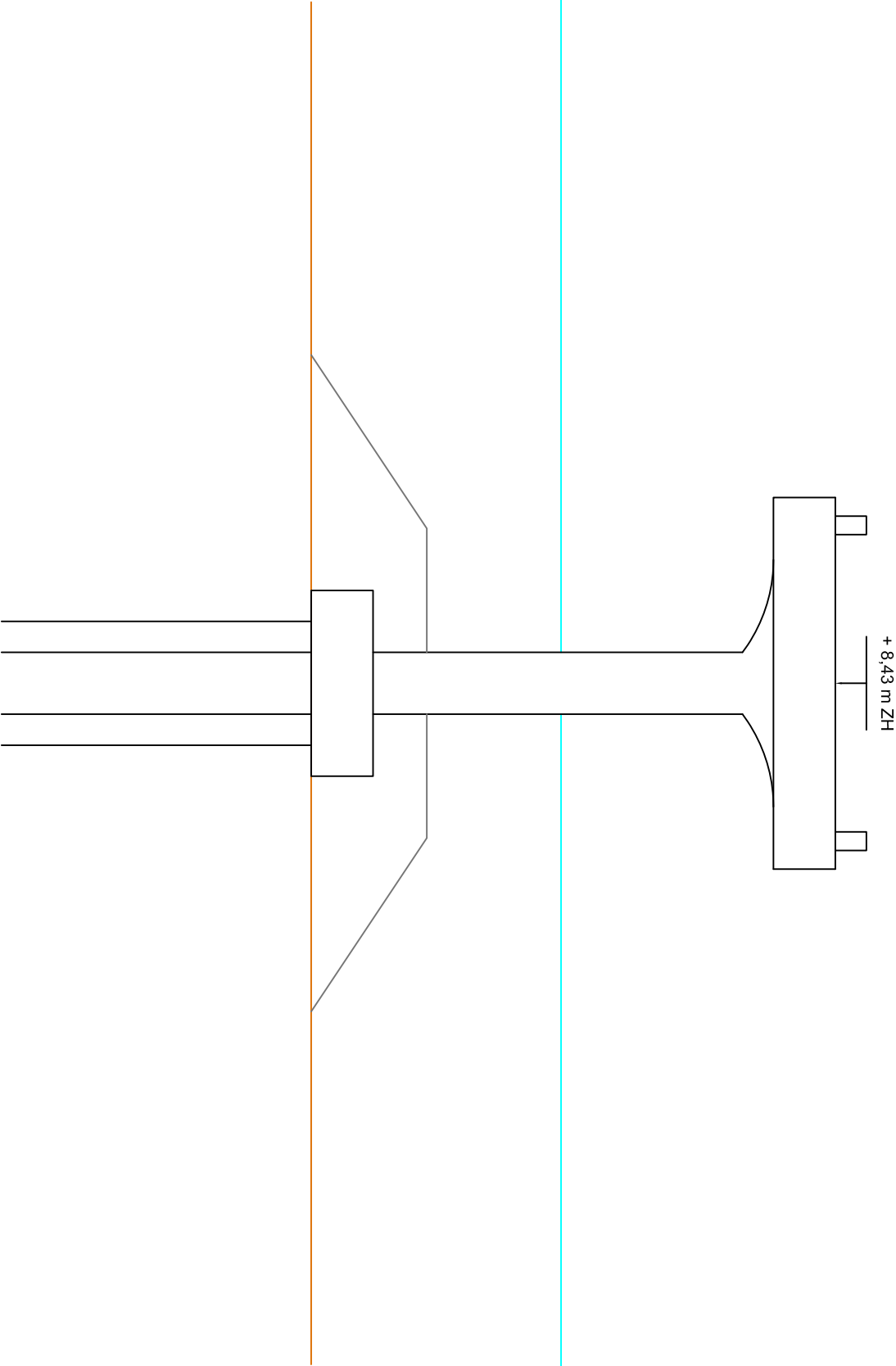
Conceção e pré-dimensionamento de uma estrutura multifuncional na praia de Matosinhos

Perfil Transversal PK 0+200

Escala: 1/100

M/E/C - FEUP

107



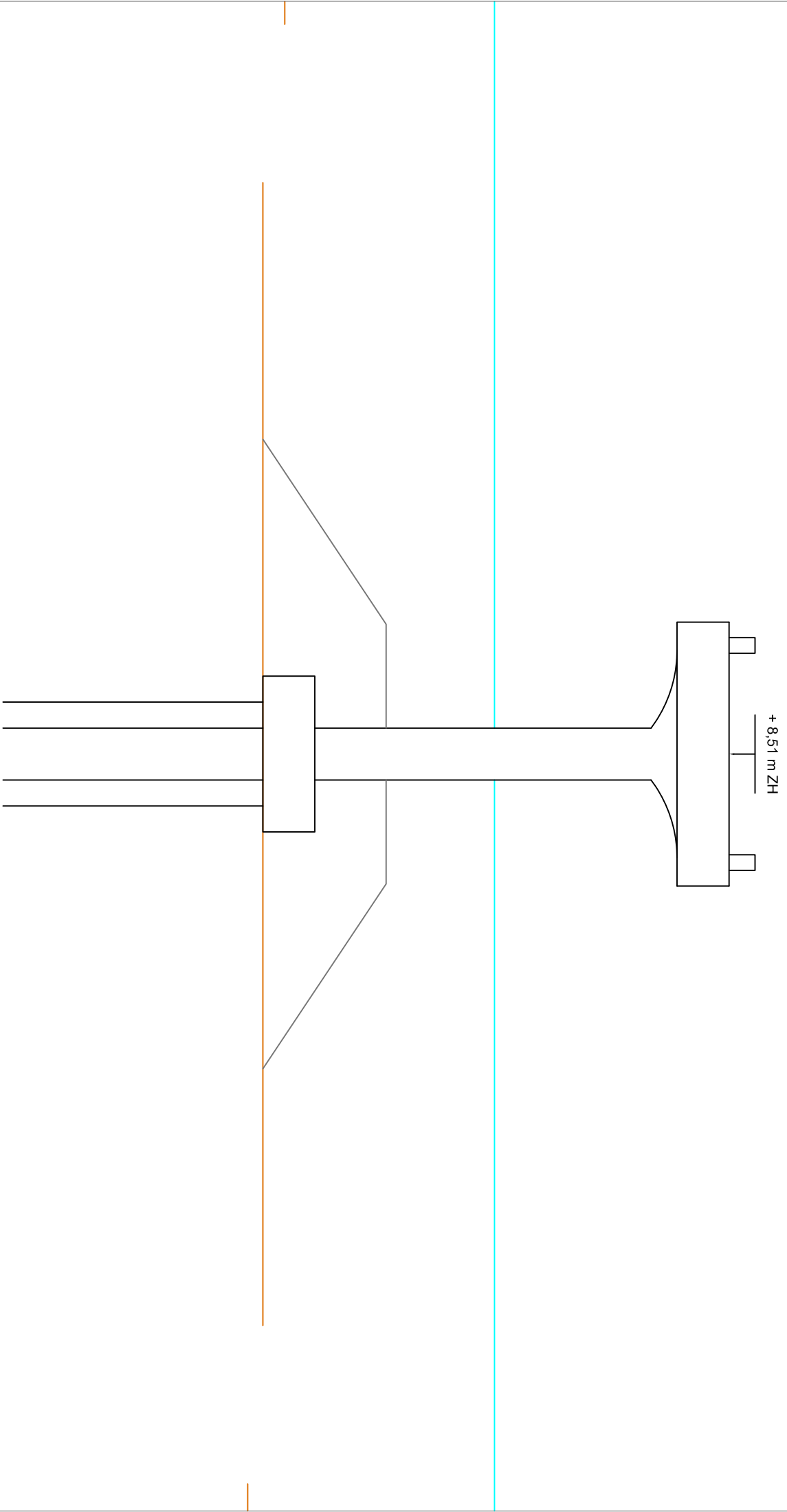
Conceção e pré-dimensionamento de uma estrutura multifuncional na praia de Matosinhos

Perfil Transversal PK 0+225

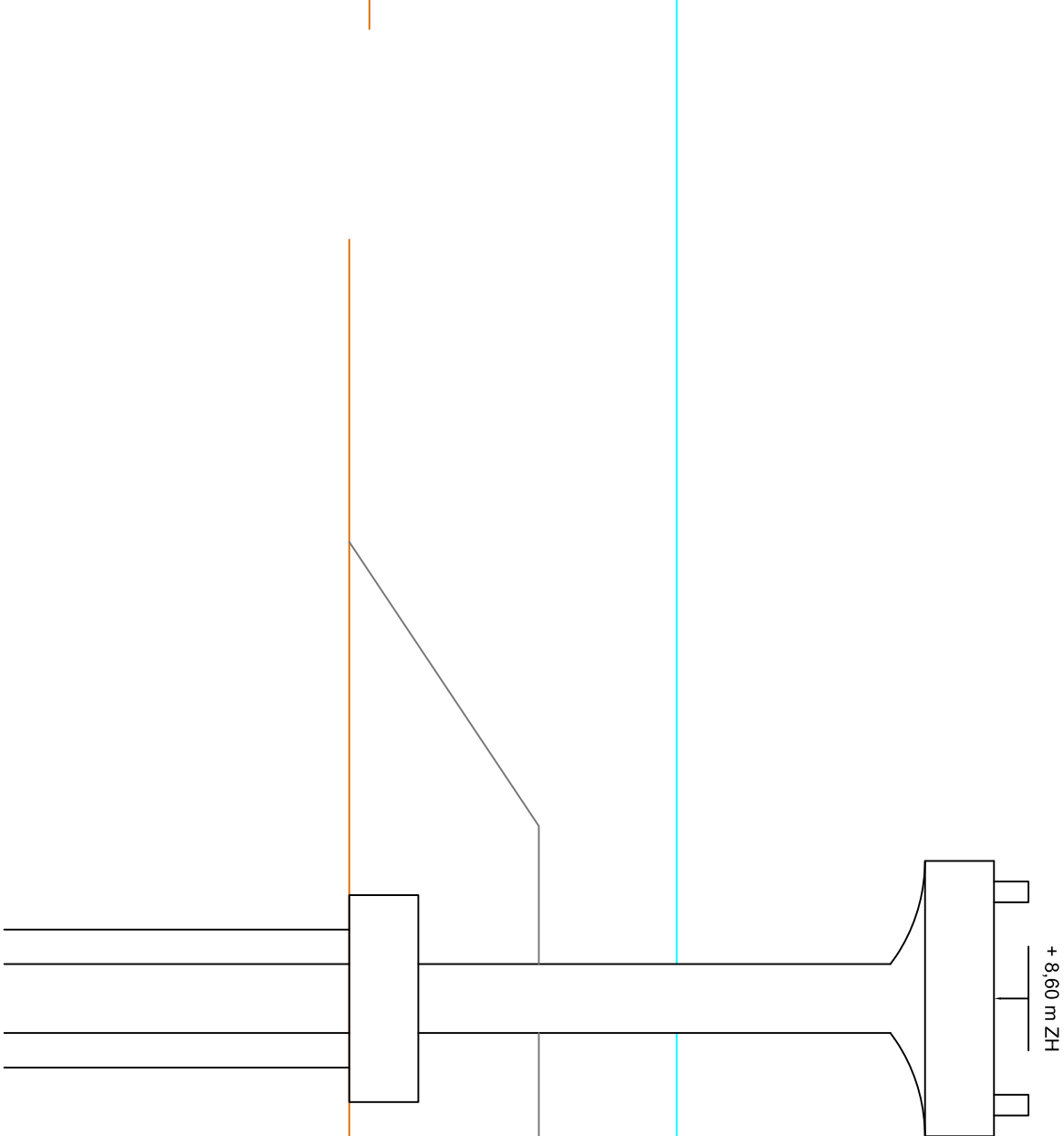
Escala: 1/100

MEC - FEUP

109



Conceção e pré-dimensionamento de uma estrutura multifuncional na praia de Matosinhos			
Perfil Transversal PK 0+250		Escala: 1/100	
MEC - FEUP		111	



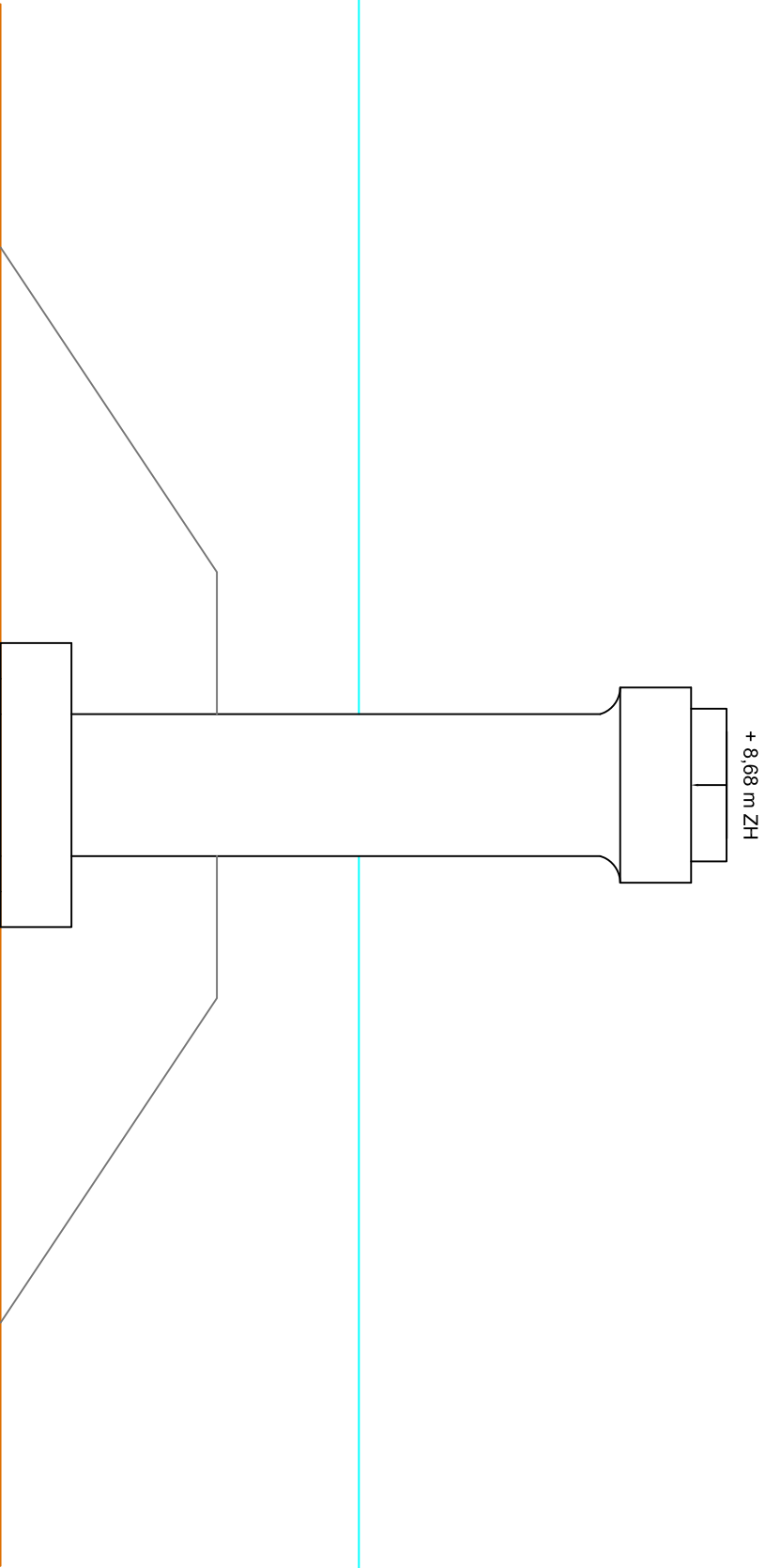
Conceção e pré-dimensionamento de uma estrutura multifuncional na praia de Matosinhos

Perfil Transversal PK 0+275

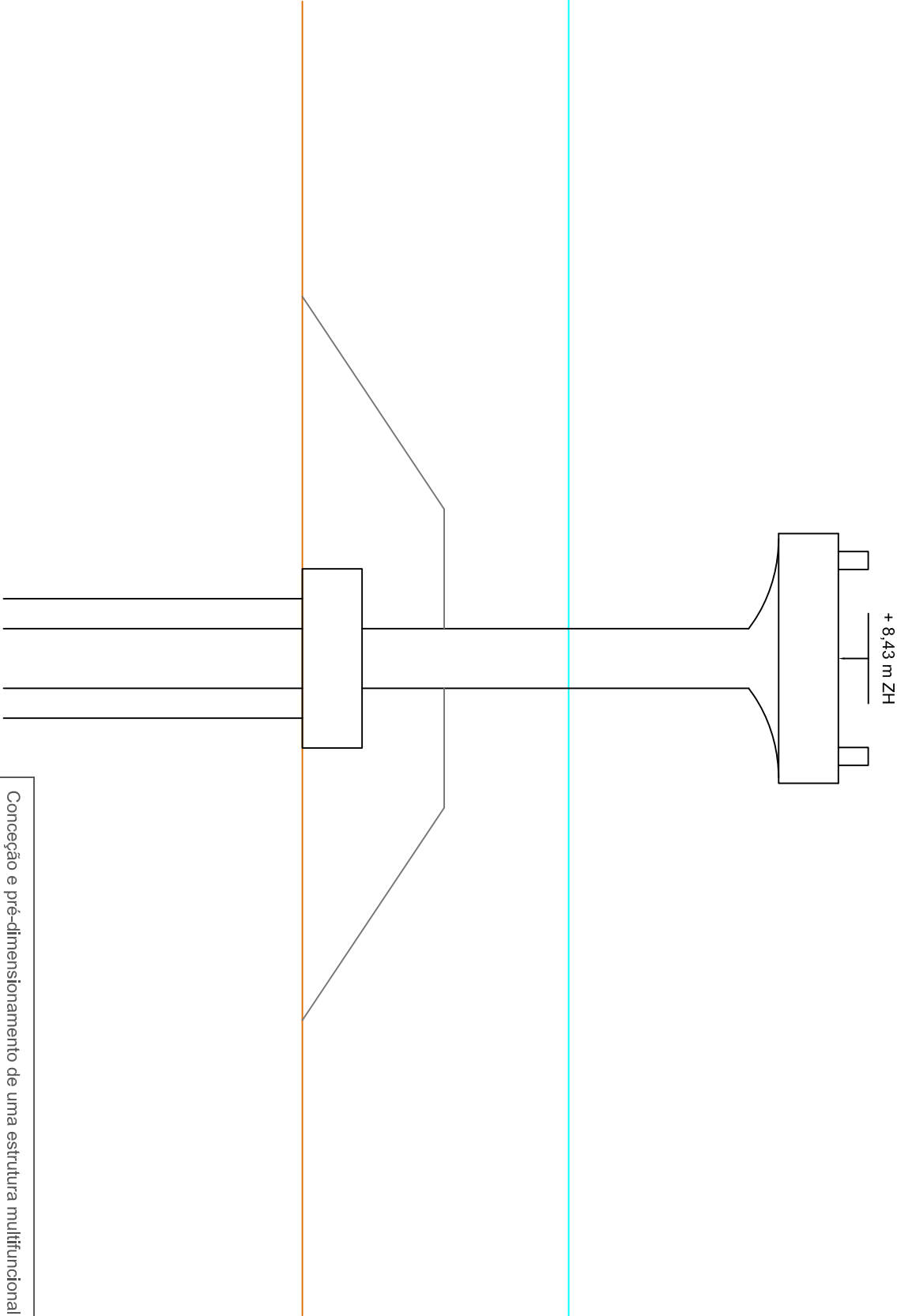
MEC - FEUP

Escala: 1/100

113



Conceção e pré-dimensionamento de uma estrutura multifuncional na praia de Matosinhos			
Perfil Transversal PK 0+300		Escala: 1/100	
MEC - FEUP		115	



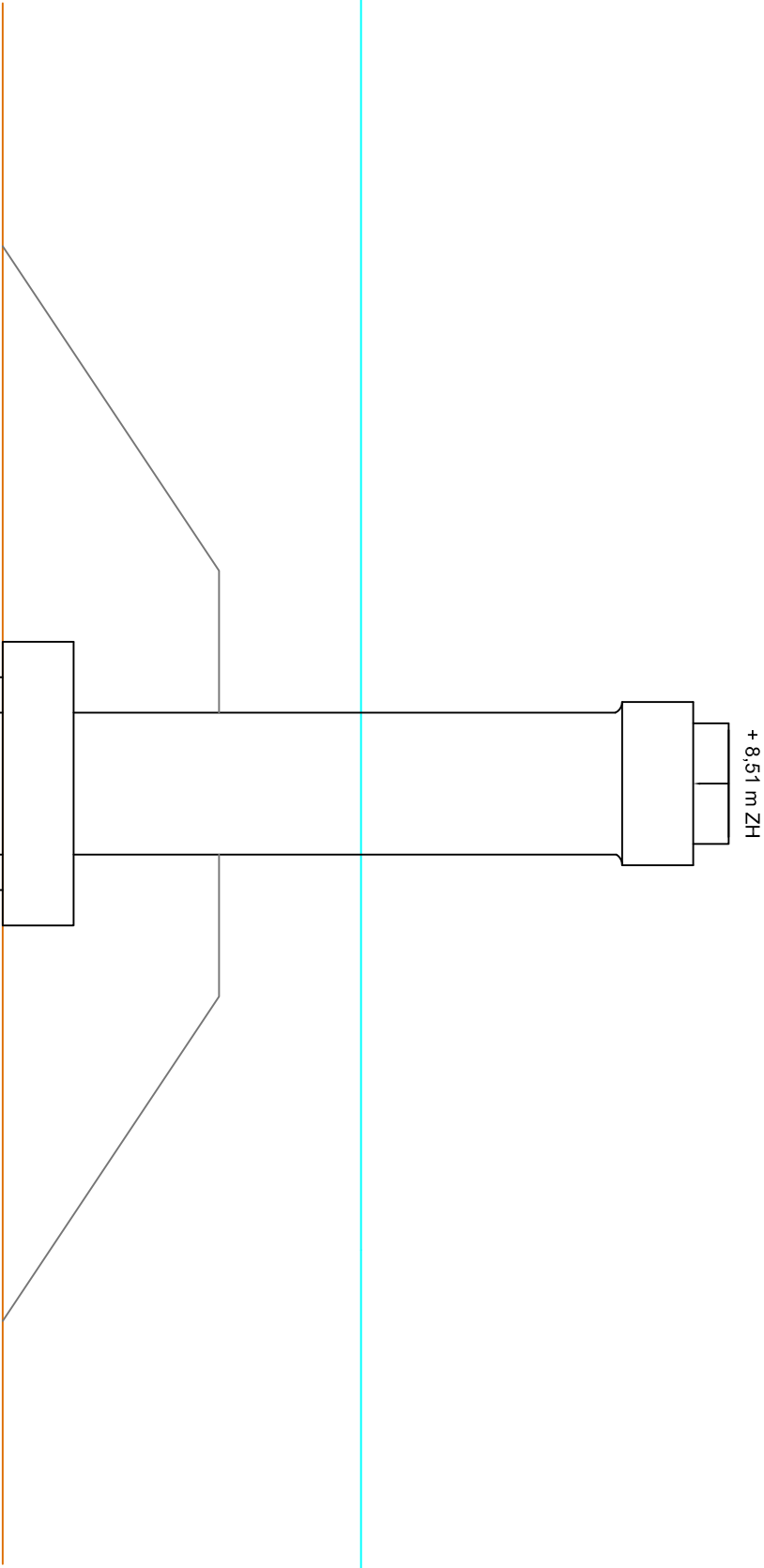
Conceção e pré-dimensionamento de uma estrutura multifuncional na praia de Matosinhos

Perfil transversal PK 0+225 S

Escala: 1/100

MIEC - FEUP

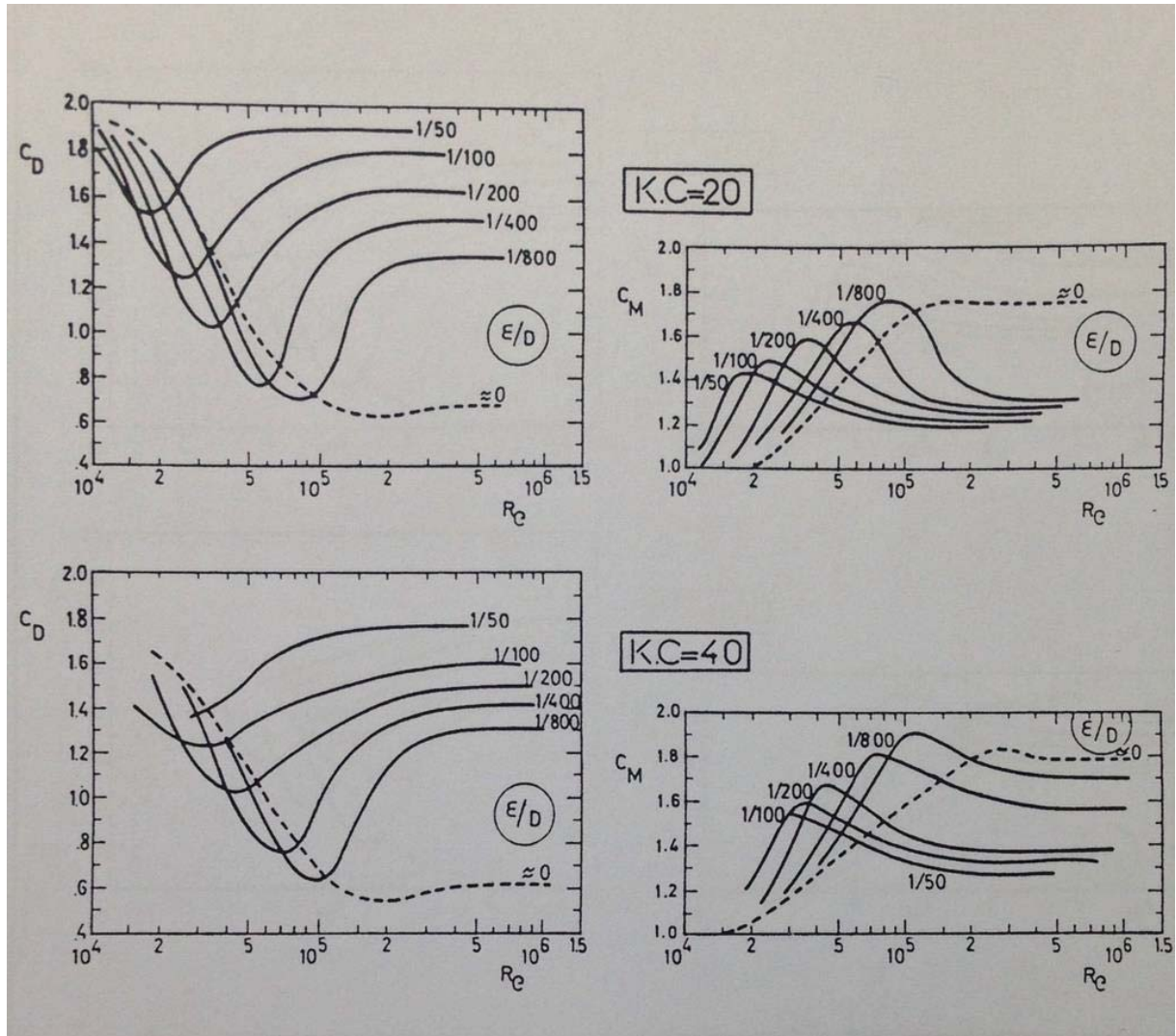
117



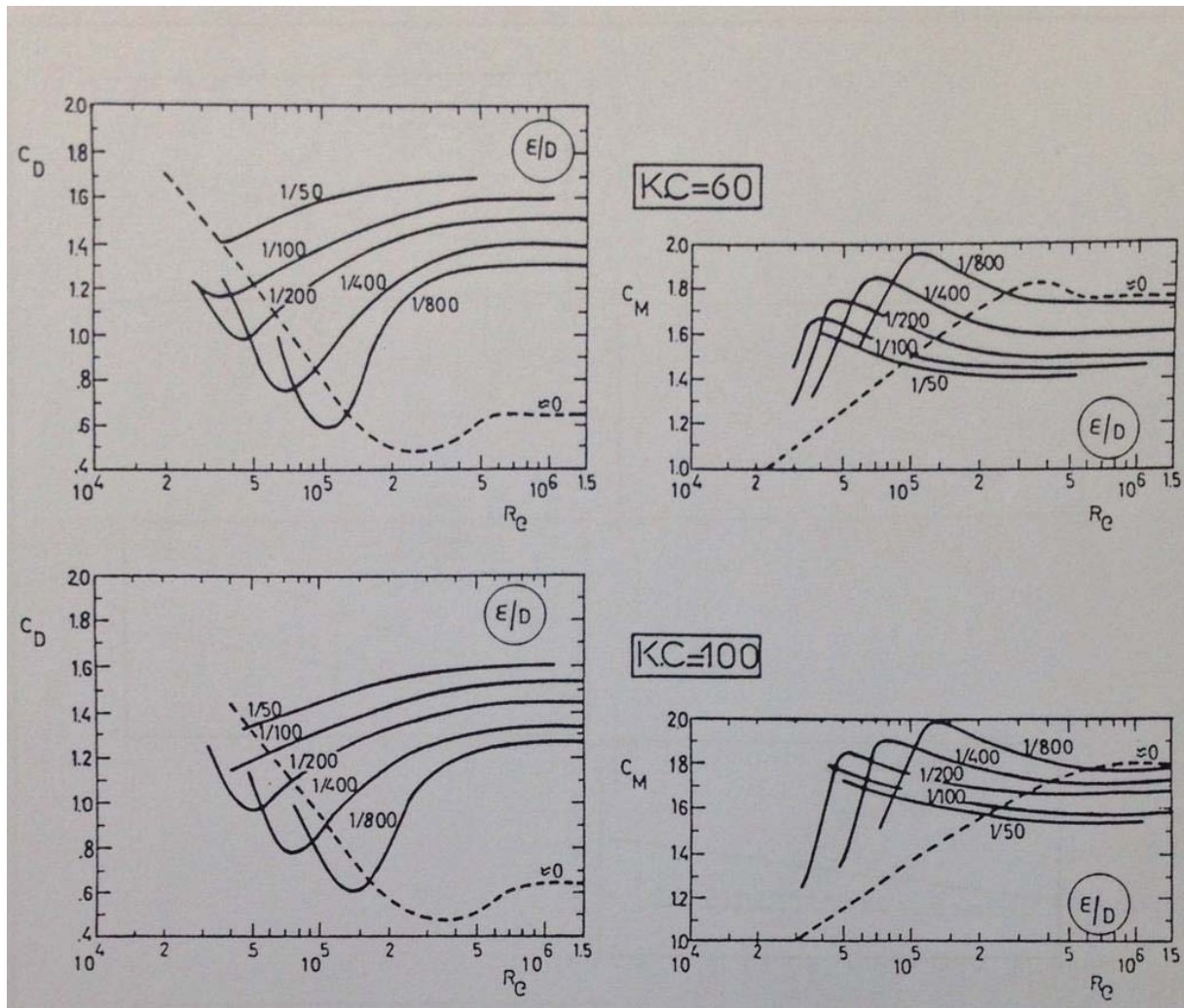
Conceção e pré-dimensionamento de uma estrutura multifuncional na praia de Matosinhos			
Perfil transversal PK 0+250 S		Escala: 1/100	
MEC - FEUP		119	

ANEXO C - DADOS E CÁLCULOS PARA O PRÉ- DIMENSIONAMENTO

C1. DADOS EXPERIMENTAIS PARA OS COEFICIENTES HIDRODINÂMICOS C_D E C_M , SARPKEYA 1978



C1.a) Coeficientes Hidrodinâmicos C_D e C_M , em função de Re , KC e ϵ/D para o escoamento oscilatório. Contorno cilíndrico circular, Sarpkaya 1978



C1.b) Coeficientes Hidrodinâmicos C_D e C_M , em função de Re , KC e ϵ/D para o escoamento oscilatório. Contorno cilíndrico circular, Sarpkaya 1978

C2. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DOS PILARES DA ZONA TRANSPARENTE

Neste anexo são apresentados os cálculos para o pré-dimensionamento dos pilares P2 a P6. O pré-dimensionamento do pilar P1 está apresentado na secção 5.2.2.

Quadro C2.1 - Pré-dimensionamento do pilar P2

- Z [m ZH]	1,00
D [m]	1,00
A [m ²]	5,00
V [m ³]	3,93
U [m/s]	3,33
dU/dt [m/s ²]	0,00
PMAV [m]	4,00
g [m/s ²]	9,807
v [m ² /s]	1,14E-06
ρ [kg/m ³]	1030,00
d [m]	5,00
H _{max} [m]	3,90
L ₀ [m]	56,19
L [m]	38,68
k	0,16
w	1,05
KC	20
Re	3E+06
β	146379
C _M	1,00
C _D	2,00
F _I [N]	0,00

F_D [N]	57130,32
F [kN]	57,13

Quadro C2.2 - Pré-dimensionamento do pilar P3

- Z [m ZH]	0,75
------------	------

D [m]	1,00
A [m ²]	4,75
V [m ³]	3,73
U [m/s]	3,06
dU/dt [m/s ²]	0,00

PMAV [m]	4,00
g [m/s ²]	9,807
ν [m ² /s]	1,14E-06
ρ [kg/m ³]	1030,00

d [m]	4,75
H _{max} [m]	3,71
L ₀ [m]	56,19
L [m]	38,68
k	0,16
w	1,05

KC	18
Re	3E+06
β	146379

C _M	1,00
C _D	2,00

F_I [N]	0,00
F_D [N]	45881,13
F [kN]	45,88

Quadro C2.3 - Pré-dimensionamento do pilar P4

- Z [m ZH]	0,50
------------	------

D [m]	1,00
A [m ²]	4,50
V [m ³]	3,53
U [m/s]	2,81
dU/dt [m/s ²]	0,00

PMAV [m]	4,00
g [m/s ²]	9,807
ν [m ² /s]	1,14E-06
ρ [kg/m ³]	1030,00

d [m]	4,50
H _{max} [m]	3,51
L ₀ [m]	56,19
L [m]	38,68
k	0,16
w	1,05

KC	17
Re	2E+06
β	146379

C _M	1,00
C _D	2,00

F_I [N]	0,00
F_D [N]	36709,14
F [kN]	36,71

Quadro C2.4 - Pré-dimensionamento do pilar P5

- Z [m ZH]	0,25
------------	------

D [m]	1,00
A [m ²]	4,25
V [m ³]	3,34
U [m/s]	2,59
dU/dt [m/s ²]	0,00

PMAV [m]	4,00
g [m/s ²]	9,807
ν [m ² /s]	1,14E-06
ρ [kg/m ³]	1030,00

d [m]	4,25
H _{max} [m]	3,32
L ₀ [m]	56,19
L [m]	38,68
k	0,16
w	1,05

KC	16
Re	2E+06
β	146379

C _M	1,00
C _D	2,00

F_I [N]	0,00
F_D [N]	29252,60
F [kN]	29,25

Quadro C2.5 - Pré-dimensionamento do pilar P6

- Z [m ZH]	0,00
------------	------

D [m]	1,00
A [m ²]	4,00
V [m ³]	3,14
U [m/s]	2,37
dU/dt [m/s ²]	0,00

PMAV [m]	4,00
g [m/s ²]	9,807
ν [m ² /s]	1,14E-06
ρ [kg/m ³]	1030,00

d [m]	4,00
H _{max} [m]	3,12
L ₀ [m]	56,19
L [m]	38,68
k	0,16
w	1,05

KC	14
Re	2E+06
β	146379

C _M	1,00
C _D	2,00

F_I [N]	0,00
F_D [N]	23207,09
F [kN]	23,21

C3. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DAS SECÇÕES NÃO TRANSPARENTES

Uma vez que apenas existe profundidade a partir da secção PK 0+050, apenas será feito o pré-dimensionamento da zona não transparente neste anexo entre as secções PK 0+050 e PK 0+175. Para o pré-dimensionamento da secção PK 0+200, ver 5.3.2. Para o caso da secção PK0+050, uma vez que coincide com a zona da passagem ao nível do areal, irá ser feito o pré-dimensionamento imediatamente depois da passagem.

Quadro C3.1 - Pré-dimensionamento da secção PK 0+050

Largura das paredes [m]	0,30
Largura útil da zona oca [m]	2,00
Largura útil da zona a ser preenchida [m]	2,40
Altura da superestrutura [m]	1,00
Altura da secção de betão s/ superestrutura [m]	4,20
Altura da base da estrutura [m]	0,30
$\gamma_{\text{material de enchimento}}$ [kN/m ³]	20,00
$\gamma_{\text{betão}}$ [kN/m ³]	24,00
γ_w [kN/m ³]	10,30
Inclinação dos fundos (%)	0,00
Ângulo de ataque $\alpha(^{\circ})$	40,00
$\tan(\varphi)$	0,60
B_v [m]	8,00
B_t [m]	0,00
h_v [m]	5,20
d_v [m]	1,70
f_v [m]	3,50
$d_t=d_s$ [m]	0,70
d_{5H} [m]	0,70
T [s]	6,00
H_{des} [m]	0,55
H_{rms} [m]	0,39
ΔH [m]	0,11
L_0 [m]	56,19
L [m]	15,52

k	0,40
w	1,05

W [kN]	659,52
W' [kN]	519,44

	Goda
ξ_1	1,05
ξ_2	0,00
ξ_3	0,91
ξ_4	0,00
ξ_5	0,00
ξ_6	0,43
$\bar{\delta}_{11}$	-0,33
$\bar{\delta}_1$	-6,55
$\bar{\delta}_{22}$	-0,51
$\bar{\delta}_2$	-2,52

	Sem rebentação	Goda	Minikin
C_w	1,20	1,32	0,50
h_w [m]	0,66	0,72	0,27
C_1	1,20	0,93	0,48
C_2	-5,21	-3,56	
C_3	1,16	0,91	0,48
C_u	1,16	0,84	0,48

p0 [kN]	5,62
---------	------

	Sem rebentação	Goda	Minikin
p1 [kN]	6,75	5,21	2,70
p2 [kN]	-29,30	-20,02	0,00

p3 [kN]	6,53	5,09	2,70
pu [kN]	6,53	4,72	2,70

	Sem rebentação	Goda	Minikin
Fu [kN]	26,12	18,88	10,81
F1 [kN]	-102,55	-70,05	0,00
F11 [kN]	63,09	44,15	4,73
F2 [kN]	11,10	8,66	4,59
F22 [kN]	0,19	0,10	0,00

F _{estabilizadora} [kN]	295,99	300,33	305,18
F _{desestabilizadora} [kN]	-28,18	-17,14	9,32
M _{estabilizador} [kN.m]	2077,76	2077,76	2077,76
M _{desestabilizador} [kN.m]	-23,97	-6,94	75,12
ΣV [kN]	493,32	500,56	508,63
A [m ²]	8,00	8,00	8,00
I/V	10,67	10,67	10,67
M ₀ [kN.m]	-128,47	-82,47	31,88

FS _{deslizamento}	10,51	17,52	32,73
FS _{derrube}	86,67	299,31	27,66
σ ⁺ [kPa]	49,62	54,84	66,57
σ ⁻ [kPa]	73,71	70,30	60,59

Quadro C3.2 - Pré-dimensionamento da secção PK 0+075

Largura das paredes [m]	0,30
Largura útil da zona oca [m]	2,00
Largura útil da zona a ser preenchida [m]	2,51
Altura da superestrutura [m]	1,00
Altura da secção de betão s/ superestrutura [m]	5,17
Altura da base da estrutura [m]	0,30

$\gamma_{\text{material de enchimento}} [\text{kN/m}^3]$	20,00
$\gamma_{\text{betão}} [\text{kN/m}^3]$	24,00
$\gamma_w [\text{kN/m}^3]$	10,30
Inclinação dos fundos (%)	0,00
Ângulo de ataque $\alpha(^{\circ})$	40,00
$\tan(\varphi)$	0,60

$B_v [\text{m}]$	8,22
$B_t [\text{m}]$	0,00
$h_v [\text{m}]$	6,17
$d_v [\text{m}]$	2,24
$f_v [\text{m}]$	3,93
$d_t=d_s[\text{m}]$	1,24
$d_{5H} [\text{m}]$	1,24
$T [\text{s}]$	6,00
$H_{\text{des}} [\text{m}]$	0,97
$H_{\text{rms}} [\text{m}]$	0,68
$\Delta H [\text{m}]$	0,20
$L_0 [\text{m}]$	56,19
$L [\text{m}]$	20,44
k	0,31
w	1,05

$W [\text{kN}]$	771,92
$W' [\text{kN}]$	582,27

	Goda
ξ_1	1,01
ξ_2	0,00
ξ_3	0,88
ξ_4	0,00
ξ_5	0,00

ξ_6	0,43
$\bar{\delta}_{11}$	-0,33
$\bar{\delta}_1$	-6,55
$\bar{\delta}_{22}$	-0,51
$\bar{\delta}_2$	-2,52

	Sem rebentação	Goda	Minikin
C_w	1,20	1,32	0,50
h_w [m]	1,16	1,28	0,48
C_1	1,20	0,89	0,47
C_2	-2,86	-1,85	
C_3	1,14	0,88	0,47
C_u	1,14	0,78	0,47

p_0 [kN]	9,96
------------	------

	Sem rebentação	Goda	Minikin
p_1 [kN]	12,00	8,91	4,64
p_2 [kN]	-28,48	-18,43	0,00
p_3 [kN]	11,32	8,73	4,64
p_u [kN]	11,32	7,81	4,64

	Sem rebentação	Goda	Minikin
F_u [kN]	46,51	32,11	19,07
F_1 [kN]	-111,93	-72,44	0,00
F_{11} [kN]	79,54	53,74	9,12
F_2 [kN]	25,35	19,55	10,39
F_{22} [kN]	0,76	0,21	0,00

$F_{\text{estabilizadora}}$ [kN]	321,46	330,10	337,92
----------------------------------	--------	--------	--------

$F_{\text{desestabilizadora}}$ [kN]	-6,28	1,06	19,51
$M_{\text{estabilizador}}$ [kN.m]	2393,12	2393,12	2393,12
$M_{\text{desestabilizador}}$ [kN.m]	96,09	84,30	148,51
ΣV [kN]	535,76	550,16	563,20
A [m ²]	8,22	8,22	8,22
I/V	11,26	11,26	11,26
M_0 [kN.m]	-95,05	-47,65	70,13

$FS_{\text{deslizamento}}$	51,20	312,06	17,32
FS_{derrube}	24,90	28,39	16,11
σ^+ [kPa]	56,74	62,70	74,74
σ^- [kPa]	73,62	71,16	62,29

Quadro C3.3 - Pré-dimensionamento da secção PK 0+100

Largura das paredes [m]	0,30
Largura útil da zona oca [m]	2,00
Largura útil da zona a ser preenchida [m]	2,54
Altura da superestrutura [m]	1,00
Altura da secção de betão s/ superestrutura [m]	5,70
Altura da base da estrutura [m]	0,30
$\gamma_{\text{material de enchimento}}$ [kN/m ³]	20,00
$\gamma_{\text{betão}}$ [kN/m ³]	24,00
γ_w [kN/m ³]	10,30
Inclinação dos fundos (%)	0,00
Ângulo de ataque $\alpha(^{\circ})$	40,00
$\tan(\phi)$	0,60

B_v [m]	8,28
B_t [m]	0,00
h_v [m]	6,70
d_v [m]	2,70

f_v [m]	4,00
$d_t=d_s$ [m]	1,70
d_{5H} [m]	1,70
T [s]	6,00
H_{des} [m]	1,33
H_{rms} [m]	0,94
ΔH [m]	0,28
L_0 [m]	56,19
L [m]	23,72
k	0,26
w	1,05

W [kN]	831,46
W' [kN]	601,19

	Goda
ξ_1	0,98
ξ_2	0,00
ξ_3	0,85
ξ_4	0,00
ξ_5	0,00
ξ_6	0,43
$\bar{\theta}_{11}$	-0,33
$\bar{\theta}_1$	-6,55
$\bar{\theta}_{22}$	-0,51
$\bar{\theta}_2$	-2,52

	Sem rebentação	Goda	Minikin
C_w	1,21	1,32	0,50
h_w [m]	1,60	1,76	0,66
C_1	1,21	0,87	0,45
C_2	-1,81	-1,11	

C ₃	1,11	0,85	0,45
C _u	1,11	0,74	0,45

p ₀ [kN]	13,66
---------------------	-------

	Sem rebentação	Goda	Minikin
p ₁ [kN]	16,50	11,87	6,19
p ₂ [kN]	-24,70	-15,16	0,00
p ₃ [kN]	15,22	11,63	6,19
p _u [kN]	15,22	10,11	6,19

	Sem rebentação	Goda	Minikin
F _u [kN]	63,02	41,85	25,63
F ₁ [kN]	-98,81	-60,65	0,00
F ₁₁ [kN]	82,40	54,07	12,38
F ₂ [kN]	41,10	31,40	16,71
F ₂₂ [kN]	1,72	0,32	0,00

F _{estabilizadora} [kN]	322,90	335,61	345,34
F _{desestabilizadora} [kN]	26,42	25,14	29,10
M _{estabilizador} [kN.m]	2488,92	2488,92	2488,92
M _{desestabilizador} [kN.m]	274,42	206,96	213,97
ΣV [kN]	538,17	559,34	575,56
A [m ²]	8,28	8,28	8,28
I/V	11,43	11,43	11,43
M ₀ [kN.m]	13,52	33,72	107,87

FS _{deslizamento}	12,22	13,35	11,87
FS _{derrube}	9,07	12,03	11,63
σ ⁺ [kPa]	66,18	70,50	78,95
σ ⁻ [kPa]	63,81	64,60	60,07

Quadro C3.4 - Pré-dimensionamento da secção PK 0+125

Largura das paredes [m]	0,30
Largura útil da zona oca [m]	2,00
Largura útil da zona a ser preenchida [m]	2,50
Altura da superestrutura [m]	1,00
Altura da secção de betão s/ superestrutura [m]	6,15
Altura da base da estrutura [m]	0,30
$\gamma_{\text{material de enchimento}}$ [kN/m ³]	20,00
$\gamma_{\text{betão}}$ [kN/m ³]	24,00
γ_w [kN/m ³]	10,30
Inclinação dos fundos (%)	0,00
Ângulo de ataque $\alpha(^{\circ})$	40,00
$\tan(\varphi)$	0,60
B_v [m]	8,20
B_t [m]	0,00
h_v [m]	7,15
d_v [m]	3,05
f_v [m]	4,10
$d_t=d_s$ [m]	2,05
d_{5H} [m]	2,05
T [s]	6,00
H_{des} [m]	1,60
H_{rms} [m]	1,13
ΔH [m]	0,34
L_0 [m]	56,19
L [m]	25,87
k	0,24
w	1,05
W [kN]	877,92

W' [kN]	620,32
	Goda
ξ_1	0,96
ξ_2	0,00
ξ_3	0,83
ξ_4	0,00
ξ_5	0,00
ξ_6	0,43
$\bar{\delta}_{11}$	-0,33
$\bar{\delta}_1$	-6,55
$\bar{\delta}_{22}$	-0,51
$\bar{\delta}_2$	-2,52

	Sem rebentação	Goda	Minikin
C_w	1,21	1,32	0,50
h_w [m]	1,94	2,12	0,80
C_1	1,21	0,85	0,44
C_2	-1,35	-0,80	
C_3	1,10	0,83	0,44
C_u	1,10	0,71	0,44

p0 [kN]	16,47
---------	-------

	Sem rebentação	Goda	Minikin
p1 [kN]	19,94	14,01	7,31
p2 [kN]	-22,29	-13,11	0,00
p3 [kN]	18,09	13,72	7,31
p _u [kN]	18,09	11,66	7,31

	Sem rebentação	Goda	Minikin
Fu [kN]	74,18	47,83	29,97
F1 [kN]	-91,38	-53,74	0,00
F11 [kN]	86,57	55,58	14,99
F2 [kN]	55,18	41,84	22,30
F22 [kN]	2,82	0,44	0,00

F _{estabilizadora} [kN]	327,68	343,49	354,21
F _{desestabilizadora} [kN]	53,20	44,12	37,28
M _{estabilizador} [kN.m]	2543,30	2543,30	2543,30
M _{desestabilizador} [kN.m]	411,73	297,56	264,03
ΣV [kN]	546,14	572,49	590,35
A [m ²]	8,20	8,20	8,20
I/V	11,21	11,21	11,21
M ₀ [kN.m]	107,59	101,47	141,15

FS _{deslizamento}	6,16	7,79	9,50
FS _{derrube}	6,18	8,55	9,63
σ^+ [kPa]	76,20	78,87	84,59
σ^- [kPa]	57,00	60,76	59,40

Quadro C3.5 - Pré-dimensionamento da secção PK 0+150

Largura das paredes [m]	0,30
Largura útil da zona oca [m]	2,00
Largura útil da zona a ser preenchida [m]	2,33
Altura da superestrutura [m]	1,00
Altura da secção de betão s/ superestrutura [m]	6,57
Altura da base da estrutura [m]	0,30
$\gamma_{\text{material de enchimento}}$ [kN/m ³]	20,00
$\gamma_{\text{betão}}$ [kN/m ³]	24,00
γ_w [kN/m ³]	10,30

Inclinação dos fundos (%)	0,00
Ângulo de ataque $\alpha(^{\circ})$	40,00
$\tan(\varphi)$	0,60

B_v [m]	7,86
B_t [m]	0,00
h_v [m]	7,57
d_v [m]	3,40
f_v [m]	4,17
$d_t=d_s$ [m]	2,40
d_{5H} [m]	2,40
T [s]	6,00
H_{des} [m]	1,87
H_{rms} [m]	1,32
ΔH [m]	0,40
L_0 [m]	56,19
L [m]	27,80
k	0,23
w	1,05

W [kN]	913,01
W' [kN]	637,75

	Goda
ξ_1	0,94
ξ_2	0,00
ξ_3	0,81
ξ_4	0,00
ξ_5	0,00
ξ_6	0,43
$\bar{\delta}_{11}$	-0,33
$\bar{\delta}_1$	-6,55

δ_{22}	-0,51
δ_2	-2,52

	Sem rebentação	Goda	Minikin
C_w	1,21	1,32	0,50
h_w [m]	2,27	2,48	0,94
C_1	1,21	0,83	0,43
C_2	-1,01	-0,57	
C_3	1,08	0,81	0,43
C_u	1,08	0,68	0,43

p_0 [kN]	19,28
------------	-------

	Sem rebentação	Goda	Minikin
p_1 [kN]	23,40	16,05	8,38
p_2 [kN]	-19,55	-10,94	0,00
p_3 [kN]	20,88	15,70	8,38
p_u [kN]	20,88	13,07	8,38

	Sem rebentação	Goda	Minikin
F_u [kN]	82,05	51,37	32,93
F_1 [kN]	-81,51	-45,63	0,00
F_{11} [kN]	89,55	56,28	17,47
F_2 [kN]	70,98	53,39	28,49
F_{22} [kN]	4,29	0,59	0,00

$F_{\text{estabilizadora}}$ [kN]	333,42	351,83	362,90
$F_{\text{desestabilizadora}}$ [kN]	83,32	64,63	45,95
$M_{\text{estabilizador}}$ [kN.m]	2506,36	2506,36	2506,36
$M_{\text{desestabilizador}}$ [kN.m]	542,19	380,58	304,63

ΣV [kN]	555,70	586,38	604,83
A [m ²]	7,86	7,86	7,86
I/V	10,30	10,30	10,30
M ₀ [kN.m]	219,74	178,69	175,23
FS _{deslizamento}	4,00	5,44	7,90
FS _{derrube}	4,62	6,59	8,23
σ^+ [kPa]	92,04	91,96	93,97
σ^- [kPa]	49,36	57,25	59,93

Quadro C3.6 - Pré-dimensionamento da secção PK 0+175

Largura das paredes [m]	0,30
Largura útil da zona oca [m]	2,00
Largura útil da zona a ser preenchida [m]	2,10
Altura da superestrutura [m]	1,00
Altura da secção de betão s/ superestrutura [m]	7,07
Altura da base da estrutura [m]	0,30
$\gamma_{\text{material de enchimento}}$ [kN/m ³]	20,00
$\gamma_{\text{betão}}$ [kN/m ³]	24,00
γ_w [kN/m ³]	10,30
Inclinação dos fundos (%)	0,00
Ângulo de ataque α (°)	40,00
$\tan(\varphi)$	0,60

B _v [m]	7,40
B _t [m]	0,00
h _v [m]	8,07
d _v [m]	3,80
f _v [m]	4,27
d _t =d _s [m]	2,80
d _{5H} [m]	2,80

T [s]	6,00
H _{des} [m]	2,18
H _{rms} [m]	1,54
ΔH [m]	0,47
L ₀ [m]	56,19
L [m]	29,79
k	0,21
w	1,05

W [kN]	953,06
W' [kN]	663,42

	Goda
ξ ₁	0,92
ξ ₂	0,00
ξ ₃	0,79
ξ ₄	0,00
ξ ₅	0,00
ξ ₆	0,43
δ ₁₁	-0,33
δ ₁	-6,55
δ ₂₂	-0,51
δ ₂	-2,52

	Sem rebentação	Goda	Minikin
C _w	1,22	1,32	0,50
h _w [m]	2,66	2,89	1,09
C ₁	1,22	0,81	0,42
C ₂	-0,74	-0,39	
C ₃	1,07	0,79	0,42
C _u	1,07	0,64	0,42

p0 [kN]	22,50
---------	-------

	Sem rebentação	Goda	Minikin
p1 [kN]	27,38	18,28	9,54
p2 [kN]	-16,60	-8,70	0,00
p3 [kN]	23,96	17,85	9,54
pu [kN]	23,96	14,51	9,54

	Sem rebentação	Goda	Minikin
Fu [kN]	88,64	53,68	35,28
F1 [kN]	-70,89	-37,17	0,00
F11 [kN]	93,90	57,62	20,36
F2 [kN]	91,04	67,83	36,24
F22 [kN]	6,50	0,82	0,00

F _{estabilizadora} [kN]	344,87	365,85	376,88
F _{desestabilizadora} [kN]	120,55	89,10	56,60
M _{estabilizador} [kN.m]	2454,65	2454,65	2454,65
M _{desestabilizador} [kN.m]	696,51	476,14	349,27
ΣV [kN]	574,78	609,74	628,14
A [m ²]	7,40	7,40	7,40
I/V	9,13	9,13	9,13
M ₀ [kN.m]	368,53	277,53	218,72

FS _{deslizamento}	2,86	4,11	6,66
FS _{derrube}	3,52	5,16	7,03
σ^+ [kPa]	118,05	112,81	108,85
σ^- [kPa]	37,29	51,99	60,92

BIBLIOGRAFIA

APDL - *Tabelas de Marés 2014*. Administração dos Portos do Douro e Leixões 2014. Endereço: <http://www.apdl.pt/tabelas-de-mares>

Avilez-Valente, Paulo - *Estudo das Condições de Agitação no Interior do Porto de Leixões*. Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos, 2003.

Costa, Américo Henrique Pires da; Macedo, Joaquim Miguel Gonçalves - *Engenharia de Tráfego: Conceitos Básicos*. 2008.

Fernandes, Manuel António de Matos - *Mecânica dos solos conceitos e princípios fundamentais*. Porto:: FEUPedições, 2011. 978-972-752-139-5

HP; IHRH - *Terminal de Petroleiros. Dragagens de manutenção de fundos junto ao posto "A" no período 1993/1997 com eventual aproveitamento das areias dragadas - Projecto*. Hidrotécnica Portuguesa e Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos, 1993.

ITTC - *Fresh Water and Seawater Properties*. International Towing Tank Conference, 2011.

MDN - *Decreto-Lei n.º 118/2008*. Diário da República nº 132/08 - I série. Ministério da Defesa Nacional, 2008. 118/2008

Endereço: <http://dre.pt/pdf1sdip/2008/07/13200/0431704320.pdf>

MIT - *Morison's Equation*. Massachusetts Institute of Technology, 2004.

Taveira-Pinto, Francisco - *Quebramares Verticais - 1ª aula*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto: 2014.

Veloso-Gomes, Fernando - *Teoria Linear - Solução de Airy*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1981.

Veloso-Gomes, Fernando - *MIEA Exercícios de Impactes Ambientais*. 2013.

Veloso-Gomes, Fernando - *Fenómenos de alteração e deformação da agitação na propagação em direção à costa*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1995.

- *A history of Llandudno pier*. Data de acesso: 11/03/2014.

Endereço: <http://www.llandudnopier.com/page/82/Pier.htm>.

- *History of Scheveningen Pier*. Data de acesso: 24/02/2014.

Endereço: <http://www.piers.org.uk/pierpages/NPSscheveningen.html>.

- *Anglins Fishing Pier*. 2005. Data de acesso: 11/03/2014.

Endereço: <<http://www.boatlessfishing.com/anglins.htm>>.

- *Pier*. 2009. Data de acesso: 24/02/2014.

Endereço: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Pier>>.

CMM - *Rios e Ribeiros*. Data de acesso: 04/06/2014.

Endereço: <<http://www.cm-matosinhos.pt/pages/130>>.

IH - 2014a. Data de acesso: 23/05/2014.

Endereço: <<http://www.hidrografico.pt/boias-ondografo.php>>.

IH - *Sabia que...Zero hidrográfico*. 2014b. Data de acesso: 03/06/2014.

Endereço: <<http://www.hidrografico.pt/noticia-sabia-que-zero-hidrografico.php>>.

Photography, Zielinski - *Sunrise on Commercial Pier, Fort Lauderdale*. 2011. Data de acesso: 05/06/2014.

Endereço: <<http://www.zielinskiphotography.com/2011/03/24/sunrise-on-commercial-pier-fort-lauderdale/>>.

Wikipedia - *Cromer Pier*. 2013a. Data de acesso: 11/03/2014.

Endereço: <http://en.wikipedia.org/wiki/Cromer_Pier>.

Wikipedia - *Galveston Island Historic Pleasure Pier*. 2013b. Data de acesso: 11/03/2014.

Endereço: <http://en.wikipedia.org/wiki/Galveston_Island_Historic_Pleasure_Pier>.

Wikipedia - *Scheveningen Pier*. 2013c. Data de acesso: 24/02/2014.

Endereço: <http://en.wikipedia.org/wiki/Scheveningen_Pier>.

Wikipedia - *Brighton Pier*. 2014a. Data de acesso: 11/03/2014.

Endereço: <http://en.wikipedia.org/wiki/Brighton_Pier>.

Wikipedia - *Clevedon Pier*. 2014b. Data de acesso: 05/06/2014.

Endereço: <http://en.wikipedia.org/wiki/Clevedon_Pier>.

Wikipedia - *Llandudno Pier*. 2014c. Data de acesso: 11/03/2014.

Endereço: <http://en.wikipedia.org/wiki/Llandudno_Pier>.

Wikipedia - *Pier van Blankenberge*. 2014d. Data de acesso: 05/06/2014.

Endereço: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Pier_van_Blankenberge>.

Wikipedia - *Progreso, Yucatán*. 2014e. Data de acesso: 05/06/2014.

Endereço: <http://en.wikipedia.org/wiki/Progreso,_Yucat%C3%A1n>.

